

Section de l'Ingénieur.

ENCYCLOPÉDIE DES AIDE-MÉMOIRE
LÉAUTÉ DIRECTEUR

ALHEILIG

TRAVAIL DES BOIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS

G. MASSON

GAUTHIER-VILLARS ET FILS ET G. MASSON

LIBRAIRES-ÉDITEURS.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

A. 1

Ce volume est une publication de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire; F. Lafargue, ancien élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général, 46, rue Jouffroy (boulevard Malesherbes), Paris.

N° 17 A.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

RECETTE, CONSERVATION ET TRAVAIL DES BOIS

OUTILS ET MACHINES-OUTILS EMPLOYÉS DANS CE TRAVAIL

PAR

M. ALHEILIG

Ingénieur de la Marine
Professeur à l'Ecole d'application du Génie maritime

PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-ÉDITEURS
Quai des Grands-Augustins, 55

G. MASSON, ÉDITEUR, LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Boulevard Saint-Germain, 120

CHAPITRE PREMIER

—

RECETTE DES BOIS

1. Recette des Bois. — L'emploi du bois dans les grandes constructions, telles que les navires, diminue tous les jours d'importance, à mesure que le fer et l'acier tendent à le remplacer. Néanmoins, certaines industries en mettent encore en œuvre de grandes quantités, et les chantiers de l'Etat en contiennent et en reçoivent des approvisionnements assez considérables, pour qu'il soit utile d'indiquer aussi sommairement que possible les précautions à prendre dans la réception de cette matière. Les diverses opérations d'une recette de bois comprendront :

1° L'examen minutieux des pièces présentées afin de reconnaître tous les vices et défauts qu'elles peuvent avoir ;

2° La fixation de leurs dimensions en leur faisant subir des réductions convenables pour tenir compte de leurs défauts ;

3° Leur classement suivant les dimensions définitivement fixées.

Il est donc indispensable, avant d'entrer dans le détail des opérations de recette, d'indiquer rapidement les vices des bois abattus.

2. Visite des bois abattus. — Le vice le plus fréquent est la pourriture sous différentes formes. Le bois se compose de cellulose et d'une certaine quantité d'autres matières, en particulier d'un peu de substance azotée. La cellulose résiste assez bien à la pourriture, mais les substances azotées tendent, au contraire, à se décomposer très rapidement. Sous l'influence de l'air, il se produit une combustion lente du carbone, dégagement d'acide carbonique en même temps que production de produits ammoniacaux, et finalement, le bois se transforme en humus également susceptible de décomposition.

Tant que l'arbre est sur pied, la vitalité de la plante s'oppose énergiquement à l'apparition ou

au développement de la pourriture. Des substances très fermentescibles dans des cellules vivantes, se transforment, mais ne se décomposent pas. Il n'en est plus de même une fois l'arbre abattu.

3. Pourriture. — La pourriture des bois se présente sous deux aspects principaux :

La *pourriture humide*, qui apparaît au contact de l'air sous l'influence d'un excès d'humidité. Elle se produit quand l'eau s'introduit dans l'intérieur de l'arbre par des blessures diverses. Elle transforme le bois en *humus*.

La *pourriture sèche* qui se développe sous l'influence de l'humidité naturelle du bois. Elle commence par l'intérieur. Elle est caractérisée par la présence d'un champignon microscopique qui s'introduit jusque dans les plus petites cavités. Elle transforme le bois en une matière sèche et friable. Dans ces deux sortes de pourriture le bois contracte une odeur caractéristique ; lorsqu'il change de couleur et diminue de résistance, il est *échauffé*.

4. Grisettes. — Les gouttières qui se forment à l'aisselle des branches produisent souvent une

pourriture assez étendue composée de fibres poreuses de couleur brune partant des nœuds et se dirigeant vers le centre de l'arbre pour remonter avec la sève dans l'intérieur du tronc. Cette pourriture a reçu le nom de *grisette*. On distingue :

La grisette *à chair de poule*, parsemée de points blancs qui sont des taches de moisissure.

La grisette *à flammes*, qui présente une propagation irrégulière rappelant la forme d'une flamme. Les flammes jaunes sont plus dangereuses que les blanches ou les brunes parce qu'elles s'étendent beaucoup plus loin.

5. Nœuds. — Les *nœuds* doivent être regardés avec attention.

Les *nœuds noirs* sont en général peu dangereux et se purgent facilement.

Les *nœuds jaunes* ont la couleur de la cannelle, ils constituent une pourriture sèche assez grave.

L'*œil de perdrix* est un point de couleur foncé qui se trouve dans des nœuds même très petits.

Il est souvent l'indice d'une pourriture assez considérable formant ce qu'on appelle une *huppe*. C'est une espèce de cavité plus ou moins grande remplie de bois mort de couleur blanchâtre. Ce vice peut souvent se purger.

6. Pourriture au pied. — La pourriture au pied provient souvent de la mort accidentelle d'une ou plusieurs racines ou d'une souche pourrie sous le rejet et qui a contaminé les parties saines.

Elle est surtout grave pour les bois gras et les bois blancs, où elle s'étend beaucoup plus loin que sur les bois maigres.

7. Cadranures ou fentes au cœur. — Ce vice est caractérisé par la présence d'une ou plusieurs fentes partant du cœur de l'arbre abattu et se dirigeant en s'amincissant vers la circonférence. Il se présente généralement à la suite de la dessication sur les arbres trop vieux. Il est l'indice de la diminution de résistance du bois qui ne doit plus être employé comme bois de charpente, mais débité.

8. Trou d'abatage. — C'est une sorte de cavité qui se produit au pied de l'arbre au moment de l'abatage, parce qu'on a négligé de couper la partie centrale qui est alors arrachée en laissant un vide. Ce vice peut obliger à ébouter la pièce, mais n'altère pas la qualité du bois.

9. Gélivures. — Les gélivures consistent en

un certain nombre de fentes rayonnantes dont les faces sont lisses et noires, et qui, partant de l'écorce, n'atteignent pas toujours le centre. On explique leur formation par la congélation de l'eau contenue dans les fibres pendant les grands froids. L'écorce est généralement fendue au moment de l'accident et produit un bourrelet extérieur assez longtemps visible après que les deux bords se sont ressoudés.

10. Roulure. — La roulure est une séparation de deux couches annuelles consécutives qui ne sont plus adhérentes. Elle peut résulter de l'effet du vent ou de l'action d'un froid très rigoureux. C'est un défaut d'autant plus dangereux que l'arc sur lequel il s'étend est plus considérable.

11. Lunure, double aubier, gelure. — Ces vices se découvrent par la présence sur la tranche de l'arbre abattu de couches circulaires de couleurs différentes de celles du reste de la section. Le tissu de ces couches est en général mou et spongieux et ressemble assez à de l'aubier. On les nomme *lunure* quand elles occupent le centre de l'arbre ; *double aubier ou gelure* quand elles forment une circonférence complète autour du cœur. On explique la formation de ces

couches soit par l'action d'un froid rigoureux ayant altéré la qualité de l'aubier, en l'empêchant ainsi de se transformer en bois parfait, soit par une nutrition imparfaite provenant du passage des racines dans un sol stérile. Cette dernière explication paraît très rationnelle.

12. Couches anormales. — Ces couches, bien que de la même couleur que les autres, présentent une largeur beaucoup plus grande que les voisines, de sorte qu'on doit plutôt les considérer comme provenant de plusieurs couches annuelles n'ayant pas atteint leur complet développement. Leur décomposition pourra, en conséquence, être assez rapide.

13. Frottures. — Les frottures proviennent de chocs ou de contusions locales. Les cellules de l'aubier ont perdu leur vitalité aux endroits frappés et ne se sont point transformées en bois parfait. On doit purger ces parties qui sont sujettes à la pourriture.

14. Entre-écorce. — On trouve quelquefois surtout au pied de l'arbre, à l'insertion des racines, des morceaux d'écorce logés dans l'intérieur du bois. Ce vice n'a rien de dangereux, car

l'écorce ne risque pas de pourrir, mais il peut nuire à l'emploi de la pièce.

15. Fentes et gerçures. — Les *fentes* sont des fissures parallèles aux fibres et qui proviennent d'une dessication trop rapide. Les bois maigres y sont particulièrement exposés. Elles ne nuisent pas à la qualité du bois de membrure tant qu'elles ne sont pas trop considérables, mais elles ne sont pas admissibles sur les bois de bordé de carène. Les *gerçures* sont perpendiculaires aux fibres et sont une cause de rebut quand elles atteignent une certaine profondeur, parce qu'elles sont l'indice d'un bois peu résistant.

16. Fibres torses. — Les *fibres torses* se reconnaissent à leur direction hélicoïdale et leur formation peut s'expliquer par l'action du vent régnant dans la contrée sur une grosse branche d'un arbre placé au bord d'un chemin ou sur la lisière de la forêt. Ce vice peut entraîner le rebut.

17. Arbres foudroyés. — Les arbres foudroyés présentent généralement des fentes intérieures qui ne permettent de les employer que comme bois à brûler.

18. Excentricité du cœur. — L'excentricité du cœur se produit chez les arbres qui croissent sur des pentes rapides et peut être une cause de rebut, par exemple pour le débit en bordages.

19. Animaux destructeurs des bois. — Outre les causes d'altération que nous venons d'examiner et qui proviennent de l'action des agents atmosphériques, ou des conditions dans lesquelles les arbres ont vécu, les bois ont encore d'autres ennemis appartenant au règne animal.

Nous nous contenterons de citer quelques noms :

Le *grand capricorne* ou *cerf-volant* perce des trous dont le diamètre atteint parfois deux centimètres, assez profonds, d'un sondage quelquefois difficile, mais qui ne communiquent aucune mauvaise qualité au bois.

La *vrillette*, d'environ sept millimètres de longueur, a le corps d'un brun obscur parsemé de taches jaunâtres. Le plus petit choc contre la pièce attaquée fait cesser le bruit caractéristique que produit l'insecte dans son travail. C'est la vrillette qui détruit généralement les vieux meubles et les boiseries, mais elle attaque aussi les bois tendres et l'aubier des bois durs.

Le *lymexylon* est un petit ver dont la tête est à peine grosse comme celle d'une épingle. Il perce des trous perpendiculaires aux fibres.

Outre les dégâts qu'ils produisent dans toute la masse de la pièce, ces insectes provoquent la fermentation dans l'intérieur du bois attaqué et lui communiquent souvent une odeur nauséabonde. Il est presque impossible de sauver un approvisionnement envahi, sauf en l'immergeant pendant quelques mois lors de l'éclosion des larves.

Les pièces qui présentent des trous de lymexylon doivent être rigoureusement refusées. Cet insecte recherche les hangars clos où il trouve une température égale et un repos absolu.

Un autre insecte, le *termite*, espèce de fourmi ailée, exerce également de redoutables ravages parmi les approvisionnements de bois. Il dévore complètement l'intérieur des pièces dans lesquelles il pénètre, tout en respectant scrupuleusement l'extérieur, de sorte que rien n'avertit du danger. On ne l'a rencontré jusqu'à présent qu'à Rochefort.

20. Taret. — Pour terminer, nous dirons un mot du *taret*, quoique cet animal n'attaque que les bois plongés dans l'eau de mer et ne soit ainsi

dangereux que pour les constructions maritimes.

C'est un mollusque acéphale, ayant la forme d'un ver blanc grisâtre, pouvant atteindre un mètre de longueur et deux centimètres de diamètre, et qui va en diminuant de grosseur d'une extrémité à l'autre. Au gros bout, qu'on pourrait appeler la tête, l'animal porte une coquille formée de deux valves échancrées, ressemblant assez aux deux moitiés d'une coquille de noisette. La queue se bifurque en deux tubes ou syphons qui peuvent se raccourcir ou s'allonger, et qui sont recouverts par deux palettes calcaires mobiles. La larve flotte dans l'eau de mer sous forme d'un petit têtard de un millimètre de long environ. Elle pénètre dans le bois par un petit trou qu'elle pratique dans la surface. Quinze jours après, elle est transformée en taret adulte qui creuse son trou en suivant les fibres du bois, sauf pour éviter un obstacle ou le logement d'un taret voisin.

L'animal se développe en grosseur au fur et à mesure qu'il avance, de sorte qu'il remplit toujours son trou. Les syphons sont toujours à l'orifice.

Le taret ne vit que dans l'eau de mer propre. L'eau douce le tue en quelques jours, l'eau sau-

mâtre en un temps plus ou moins long. On a donc là un moyen de s'en débarrasser. Les bois qui émergent périodiquement par la marée un temps assez long, ou ceux qui sont enfoncés dans la vase ne sont pas sujets à son attaque.

La destruction des bois par le taret est très rapide. Une pièce de pin peut être dévorée en quelques mois. Le doublage est la seule protection efficace contre les attaques de cet animal.

Maintenant que nous connaissons les défauts et les vices des bois, nous allons passer à leur classement et à leur recette dans une grande industrie. Pour fixer les idées, nous indiquerons la méthode suivie dans la marine qui est la plus complète en ce genre. Nous subdiviserons la question en plusieurs parties suivant qu'il s'agira des bois de chêne, des résineux ou des bois divers.

La plupart des bois de chêne achetés par la marine portent le nom générique de *bois de construction* et sont groupés en diverses catégories dont l'ensemble forme un *tarif*.

21. Tarif pour la recette et le classement des bois de chêne. — Le *tarif pour la recette et le classement des bois de chêne* est divisé en

tableaux qui indiquent, en regard du nom de chaque pièce, la configuration qu'elle doit avoir avant sa mise en œuvre. On remarque tout d'abord que le tarif présente trois grandes divisions. Eu égard à la forme des bois, il les divise en :

Bois droits,
Bois courbants,
Courbes.

Les *bois droits* n'ont pas besoin de définition. Cependant, on comprend sous ce titre des bois qui présentent une légère courbure, tels que les demi-baux et les barrots de gaillards. On tolère également une légère courbure dans les plançons qui sont destinés au débit en bordages.

Les *bois courbants* doivent avoir une courbure régulière et continue sans coude, ni jarret. La plupart n'ont qu'une courbure dans un plan, mais quelques-uns portant le nom de *bois à deux bouges* présentent une double courbure.

Tous ces bois sont assujettis à un minimum de flèche qui doit se trouver, suivant les indications du tarif, soit au milieu, soit à une distance variable entre les extrémités.

Les *courbes* sont des pièces droites qui, en un certain point de leur longueur, font un coude brusque sur une face, et qui, sur l'autre face,

présentent la forme d'un *congé* raccordant les deux parties. La région moyenne du congé se nomme *collet.* Les deux parties de la courbe sont généralement désignées sous le nom de *branches.*

22. Signal ; espèce. — En continuant l'examen du tarif, on remarque que toutes les pièces entrant dans la construction y sont rangées dans l'une des trois grandes catégories précédentes, sous une appellation distincte qui forme ce qu'on appelle un *signal* ou *signalement*, et qu'en outre, chaque pièce ou signal peut y être inscrit suivant sept classes différentes qui forment les *espèces.*

Le signal caractérise surtout la configuration générale de la pièce.

L'espèce tient compte de ses dimensions.

Cette classification a son origine dans la destination que les différentes pièces doivent avoir sur un même vaisseau ou sur des vaisseaux de grandeurs différentes, mais aujourd'hui, elle a beaucoup perdu de son importance.

Elle avait et a encore pour but de servir de base à l'estimation de la valeur des bois. On a fait en sorte, en combinant ensemble d'une manière convenable les dimensions absolues et la

configuration, que la même espèce de tous les signaux ait à peu près la même valeur. Ainsi, on paiera le même prix une pièce droite de grandes dimensions et une autre de dimensions moindres, mais que sa forme rend beaucoup plus difficile à trouver. On n'est pas arrivé à uniformiser complètement le tarif au point de vue de la valeur des espèces. Cependant, dans les marchés, il suffit de deux séries de prix de base pour faire face à toutes les difficultés. Autrement dit, toutes les pièces du tarif sont divisées en deux groupes, et dans chaque groupe, tous les bois d'une même espèce sont estimés au même prix. On attribue des primes à certaines pièces d'une rareté exceptionnelle.

23. Mesure des dimensions. — La mesure des dimensions et de la courbure est importante pour la classification. Si une pièce a précisément les dimensions correspondant à une espèce d'un certain signal, on la classera immédiatement. Mais, en général, il n'en est pas ainsi, et l'on conçoit que si un arbre donne juste l'équarrissage voulu, mais une longueur un peu supérieure, on se gardera bien de le tronçonner pour le ramener aux dimensions types. Dans ce cas, on paie la pièce d'après son volume réel et au

prix du mètre cube de l'espèce dans laquelle elle rentre eu égard à son équarrissage.

Il y a donc lieu de mesurer les bois aussi bien pour leur assigner un classement que pour les cuber afin d'obtenir leur valeur.

La *longueur* d'une pièce droite se mesure sans difficulté ; si la pièce est courbe, on mesure le développement d'une ligne tracée à égale distance des deux faces courbes.

Cette longueur est exprimée en nombre *pair* de décimètres ; si la longueur exacte est juste un nombre impair, on prend le nombre en dessous ; si elle dépasse un peu, on force l'unité.

24. Equarrissage. — L'équarrissage est représenté par deux termes disposés comme ceux d'une fraction :

$$\text{Equarrissage} = \frac{\text{Largeur sur le tour}}{\text{Epaisseur sur le droit}}.$$

La *largeur sur le tour* est la distance entre les faces courbes mesurée sur les faces planes ou *faces du tour*.

L'*épaisseur sur le droit* est la distance entre les faces planes mesurée sur les faces courbes ou *faces du droit*. Ces dimensions sont évaluées en

nombre *pair* de centimètres en suivant la même règle que précédemment.

25. Tolérance d'aubier. — On n'exige pas que les pièces soient à vive arête, on admet sur chaque angle 15 °/₀ de la largeur en aubier ou *défourni*. Il est fait exception pour les pièces suivantes : quille, étambot, mèche de gouvernail, bitte, étrave, demi-baux, baux et barrots qui doivent être *à vive arête sur franc bois*, ou plutôt on ne les classe que dans l'espèce qu'elles peuvent fournir dans ces conditions, en évaluant toutefois leur cube avec la tolérance habituelle d'aubier.

Pour certaines pièces, on ne demande pour le classement en espèce que l'équarrissage au milieu ; pour d'autres, il est exigé en outre au petit bout. Tous ces renseignements sont contenus dans les tableaux du tarif.

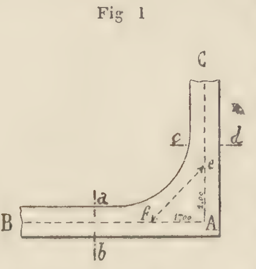
Quand on mesure les dimensions des pièces, il faut avoir soin de ne tolérer que la quantité d'aubier indiquée plus haut ; si, par exemple, une pièce présente une quantité d'aubier plus considérable, on réduit ses dimensions de façon à la ramener dans les limites voulues et on ne paie que le cube réduit.

Si, au contraire, la dimension de l'aubier est moins grande que celle qui est tolérée, on ne

paie que le cube fourni. Le fournisseur perd un peu dans ce dernier cas, mais il est préférable d'avoir des pièces bien avivées, où les défauts sont plus visibles, et, pour compenser la perte subie, on force un peu les dimensions de la pièce présentée.

26. Courbure. — La courbure d'une pièce de bois se représente par le rapport de la flèche à la longueur. On tend un cordeau entre les deux bouts de l'arête extérieure, on mesure en millimètres la flèche maxima, et on la divise par la longueur en mètres de la pièce (et non pas celle du cordeau). Si la courbure apparente est plus grande que la courbure réelle, le fil du bois ayant été coupé, on mesure la flèche sur une ligne comprise entre les deux faces courbes et représentant la direction naturelle des fibres.

Fig 1



Pour les courbes, on donne la longueur et l'équarrissage de chaque branche avec l'ouverture de la courbe. On trace les lignes d'axe de chaque branche jusqu'à leur point de rencontre A (*fig.* 1); on exprime

la longueur à partir de ce point. L'équarrissage se prend au milieu de la longueur des deux branches, et l'ouverture s'obtient en mesurant la longueur de la ligne *ef* qui joint deux points pris à un mètre du sommet A sur chacune des lignes d'axe.

27. Enumération des signaux. — Les différents signaux sont donnés avec leurs espèces et leurs dimensions dans les tableaux joints à l'Instruction du 8 juin 1859.

On y voit que chaque signal est représenté par une ou deux lettres abréviatives du nom de la pièce. Ces lettres sont gravées après la prise en recette sur les faces et les extrémités de la pièce reçue.

Les différents signaux sont astreints à certaines conditions indiquées dans les mêmes tableaux.

28. Visite des bois de construction. — Autrefois la visite et la recette des bois de construction se faisaient dans les ports, mais il résultait de cette pratique que les fournisseurs soumissionnaient à des prix plus élevés, parce qu'ils avaient à subir la perte provenant du transport des pièces rebutées. Maintenant, sauf

impossibilité, par exemple, pour des bois provenant de l'étranger, la recette se fait à proximité des lieux d'exploitation par les Ingénieurs de la Marine, soit que les bois proviennent d'adjudication ou qu'ils aient été réservés dans les forêts soumises au régime forestier.

Les bois étant équarris, purgés des parties viciées, et disposés sur le terrain, on fait d'abord un examen sommaire qui a pour but de reconnaître les vices et les défauts, de les mettre en évidence par un blanchissage partiel des bouts et des faces et par un léger sondage des nœuds, gélivures, roulures, etc., et d'établir un premier classement en signaux et espèces.

On passe ensuite à la visite minutieuse qui comporte tous les sondages nécessaires, les réductions ou déchéances, et la fixation des dimensions et du classement définitif.

Pour ces opérations, le fournisseur, ou dans les forêts domaniales, l'adjudicataire de la coupe met à la disposition de la marine les hommes et les outils nécessaires à l'opération.

Pour faire la visite, on rafraîchit en entier les deux bouts et de distance en distance les quatre faces. On apprécie ainsi la couleur, l'odeur et le liant des copeaux ; le gros bout du pied de l'arbre doit être surtout regardé avec at-

tention. On perce s'il y a lieu un trou de tarière pour constater la cohésion et l'odeur de la moulée. S'il y a un commencement de pourriture, on perce des trous transversaux jusqu'à ce qu'on tombe sur le bon bois. Si le mal s'arrête brusquement, on éboute ; si le mal s'étend assez loin, on rebute.

On note les fentes au cœur, si ce sont de vraies cadranures qui s'étendent assez loin, on rebute.

La lunure ou gélivure sous forme de couronne circulaire blanchâtre est généralement un motif de rebut ; mais si elle n'a qu'une faible épaisseur et si l'aubier a pris de la dureté, on reçoit la pièce avec réduction, si toutefois elle est bien conditionnée par ailleurs, et si elle est d'un signal et d'une espèce difficile à trouver.

Autrement, la lunure est un motif suffisant de rebut, parce qu'elle s'étend sur toute la longueur de la pièce.

Les gélivures se découvrent par le sondage des fentes superficielles, on les sonde en profondeur et suivant le cas, on rebute ou on reçoit avec réduction ou déchéance.

La roulure est presque toujours une cause de rebut, surtout si la pièce doit être débitée en bordages.

Les nœuds gâtés sont vidés et purgés. La grisette peut, suivant sa situation et son étendue, faire rebuter ou déchoir la pièce.

Remarque. — Il faut bien remarquer que les vices n'ont pas la même importance, suivant qu'ils se rencontrent sur telle ou telle pièce. Ainsi une pièce de membrure, peut, jusqu'à un certain point, présenter des fentes assez fortes, des défournis ou des nœuds, et être néanmoins excellente, tandis qu'elle ne vaudrait rien si elle était d'une essence grasse, parce que, dans les conditions où elle sera placée à bord, elle ne tarderait pas à pourrir. On pourra même la rebuter pour ce seul motif. Pour le bordé, au contraire, un bois gras est très admissible, tandis que les fentes et les nœuds trop nombreux sont un motif de rebut.

Il est admis que le fournisseur peut ne pas consentir aux opérations de visite et de sondage, qui, cependant, doivent se faire avec ménagement, s'il trouve son intérêt à garder la pièce telle quelle ; elle est alors rebutée de droit, à moins qu'il ne demande à la faire retravailler.

29. Dépréciation et déchéance. — A mesure qu'il fait la visite, l'ingénieur fixe les dimensions définitives, ainsi que le classement

des pièces, en tenant compte de la dépréciation qu'on admet pour compenser les vices et les défauts non redhibitoires. On ne compte pas comme défectuosités entraînant réductions, les légères fentes et les petites cavités de sonde qui ne pénétreraient pas au-delà du $\frac{1}{10}$ de l'équarrissage théorique pour les pièces de membrure, et au-delà du $\frac{1}{20}$ pour les autres pièces.

La *dépréciation* peut être soit une réduction sur les dimensions et sur l'espèce, soit une déchéance sur le signal.

Ainsi, lorsque pour purger une pièce, on est obligé de l'ébouter ou de diminuer son équarrissage, on peut lui *conserver* le même signal, mais *baisser* d'un ou deux numéros dans l'espèce ; cette réduction est surtout applicable aux pièces courbes. Les bois droits, qui, quoique sains, auraient des défauts les rendant impropres à entrer dans le signal et l'espèce correspondant à leurs dimensions, tels que formes vicieuses, fibres torses, nœuds, etc., peuvent être reçus pour être employés à des usages secondaires, et sont classés dans les *signaux de déchéance* comme les poutres et les accores.

Le *tain* est un autre signal de déchéance dans lequel on place les pièces trop courtes pour entrer dans les deux signaux précédents, mais qui

cependant, doivent avoir plus de deux mètres. On met encore dans les tains les pièces droites ou courbes qui, ayant un vice plongeant, doivent être coupées, ou celles qui, ayant un vice au cœur, peuvent fournir de chaque côté un bordage sain de 8^{m} de long sur $0^{m},10$ d'épaisseur, et enfin les pièces douteuses ou dont les défauts ne peuvent pas être compensés par une réduction d'espèces.

Les bois autres que ceux de construction sont compris dans le classement du 30 avril 1864, dont nous allons indiquer les principales lignes.

30. Bois de chêne divers. — Les bois de chêne autres que ceux de construction sont : les bordages, les planches, les bois pour gournables, les merrains.

Ces différentes sortes de bois étant débitées, la visite en est très simplifiée.

Les défauts qu'il faut spécialement proscrire sur les bordages et les planches sont les fentes profondes, les nœuds multipliés ou volumineux, les fibres coupées ou torses.

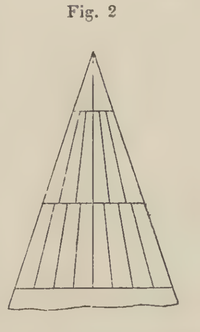
31. Bois de gournables. — Le bois de gournables doit être de première qualité, puisque la solidité, la durée et l'étanchéité du navire en

dépendent. Il doit remplir toutes les conditions d'un bois maigre et en outre être sans nœuds, gélivures ou aubier ; il doit être fendu de droit fil.

Bien que dans les recettes on n'exige pas d'épreuve de résistance, il sera bon de la faire ; d'après M. de Lapparent, on façonne la gournable en un prisme régulier de 30 millimètres de côté et on la place sur des couteaux distants de $0^{m},50$. La charge de rupture appliquée au milieu doit atteindre 420^{kg}. En outre, cette rupture ne doit pas se faire brusquement, et la cassure doit être à longs éclats comme celle des bois maigres.

32. Merrains. — Les merrains sont employés pour la menuiserie et la tonnellerie ; ce sont des bois de fente débités sur maille suivant des coupes indiquées *fig.* 2. Les arbres, d'abord débités en billes de la longueur des merrains, sont fendus suivant des diamètres pour former des prismes ; on retire ensuite le cœur et l'aubier et on divise le reste comme il est indiqué. Le merrain doit

Fig. 2



être de droit fil et dépourvu de nœuds et de toute espèce de défauts.

Quand le merrain n'est pas débité au couteau, mais à la scie, on doit bien vérifier que le débit s'est fait suivant les mailles et que le fil du bois n'est pas coupé.

33. Bois de teak. — Les planches seront saines, exemptes de défauts préjudiciables à leur emploi : roulures, cadranures trop prononcées. La présence de gros trous de vers sera tolérée, mais pourra entraîner une réduction de dimensions.

Les planches altérées ou échauffées par suite de la piqûre de petits vers seront rebutées. Il sera accordé 15 °/₀ d'aubier ou de flaches à chaque angle. Les largeurs seront prises au milieu. Si l'épaisseur n'est pas la même partout, on prendra l'épaisseur minimum.

La longueur sera évaluée en nombre pair de décimètres, la largeur et l'épaisseur en nombre pair de centimètres.

Les pièces pourront être courbes sur les deux faces, si la courbure est bien suivie et toujours dans le même sens.

34. Bois d'essences diverses. — Les billes

de bois de frêne et de peuplier seront livrées en grume. Elles seront de la coupe la plus récente et conserveront tout ou partie de leur écorce.

Les plateaux de noyer et de hêtre seront travaillés avec le cœur en dehors et ne devront pas présenter plus de $\frac{1}{4}$ de la largeur totale en bois blanc ou aubier. Les bois seront parfaitement secs, les pièces bien dressées, à faces planes et d'épaisseur uniforme, éboutées à la scie et exemptes de défauts judiciables à leur emploi, tels que roulures, gélivures, cadranures, etc.

Les nœuds et les défauts qui, tout en nuisant à l'emploi, ne rendent pas une pièce impropre au service entraîneront une réduction sur le cubage.

35. Baux et Barrots en bois résineux d'essence supérieure et de toutes provenances. — A la visite, on devra surtout s'assurer que les extrémités ne présentent aucun symptôme d'échauffement, car ces parties engagées dans les bauquières sont sujettes à se gâter.

On exigera que les nœuds soient sains et bien adhérents ; on n'admettra pas de nœuds en rosette, surtout entre le milieu et les extrémités ; on sera plus tolérant pour les nœuds du milieu, parce que la pièce est épontillée en ce point.

36. Bois résineux divers. — Les billons ronds sont destinés à donner des bordages de ponts. Comme presque tous les bois rouges, ils ont généralement une fente au cœur, elle ne devra pas dépasser le $\frac{1}{3}$ du rayon de chaque côté du centre. C'est la présence de cette fente qui conduit à choisir les billons de préférence aux pièces carrées pour le débit en bordages, parce qu'avec ces dernières, la fente pourrait se trouver en diagonale et diminuer ainsi la largeur des bordages. Pour le débit, on enlève d'abord la fente par deux traits de scie parallèles aussi rapprochés que possible.

Des nœuds même nombreux et gros ne sont pas un motif de rebut s'ils sont sains et bien adhérents ; c'est ainsi que les bordages de Dantzig qui sont réputés de bonne qualité, présentent généralement cette apparence.

Les poutres à 8 pans, dites *à la hollandaise*, servant généralement au débit en bordages pour embarcations, doivent être de qualité supérieure, provenir d'arbres jeunes et de bonne essence et n'avoir que des nœuds rares, petits, sains et adhérents.

Les poutres carrées, dites *à l'anglaise*, sont employées comme bois de charpente, ou débitées pour faire du bois de menuiserie. Au besoin, on

peut en tirer des bordages de pont ou d'embarcation ; il n'est pas nécessaire qu'elles soient d'aussi bonne essence que les poutres précédentes, mais cependant elles ne doivent pas avoir trop de nœuds.

Les poutres et poutrelles de qualité ordinaire ne sont pas habituellement destinées à être débitées ; cependant, les meilleures pièces donnent les bois de menuiserie ; les autres servent pour faire des accores et différents travaux de chantier. Elles proviennent soit de sapin, soit de pin d'essence inférieure ; on y tolère des nœuds abondants et même non adhérents.

L'équarrissage des poutres se mesure généralement à la ficelle en prenant le $\frac{1}{4}$ du périmètre au milieu. Sur celles qui doivent être débitées, on tolère 10 °/₀ d'aubier ; sur celles de qualité inférieure 33 °/₀ au plus. Les bordages de pont doivent avoir les qualités qu'on exige des billons d'où on les tire, c'est-à-dire ne présenter que des nœuds adhérents, et n'avoir ni fentes, ni roulures.

Les planches sont les pièces qui n'ont pas les dimensions requises pour faire des bordages, et qui présentent certains défauts, tels que fentes, gerçures, nœuds non adhérents, cœur apparent. Elles servent aux travaux intérieurs des arsenaux.

On distingue, dans cette catégorie, les *planches*, les *madriers* et les *bastins*.

Les uns et les autres sont, soit en bois rouge, tels que le pin des Florides, soit plus communément en bois blanc de Suède et de Norwège ou du Canada.

37. Bois résineux de Suède et de Norwège. — Ces bois sont reçus en poutres carrées et en planches suivant dimensions insérées au tarif du 30 avril 1864.

38. Bois d'orme. — Après le chêne, l'orme est le bois dur le plus employé dans les arsenaux. On le classe comme le chêne en signaux, bordages, planches, et, en outre, en billes et billons qui sont *en grume*, c'est-à-dire non équarris ; les billes sont plus grosses et plus courtes, les billons plus minces.

Il faut remarquer que dans le bois d'orme, l'aubier ayant à peu près la même densité que le cœur, est admis comme du bon bois et compte dans l'équarrissage.

39. Classement des bois résineux pour mâtures. (*Tarif du* 29 *février* 1848). — Nous avons examiné précédemment le tarif des bois résineux divers du 30 avril 1864 ; il nous reste

à analyser le tarif des bois de mâtures du 29 février 1848.

Les bois de mâtures sont classés d'après leurs dimensions en mâts, mâtereaux, menus mâtereaux.

Ces pièces sont dites *régulières* lorsqu'il y a entre leurs dimensions : longueur, grand et petit diamètre, certaines relations que nous allons donner.

Les diamètres sont mesurés avec une tolérance d'aubier de $0^{mm},75$ par centimètre sur le diamètre.

Les longueurs L des mâts réguliers croissent de mètre en mètre.

Le grand diamètre D qui se nomme aussi le *grand proportionné* a un nombre de centimètres égal à trois fois le nombre de mètres contenus dans la longueur ; il se mesure au $\frac{1}{6}$ de la longueur à partir du pied. On voit que les grands diamètres croissent de 3 en 3 centimètres. (Cette longueur de 3 centimètres forme une *palme*).

Le petit diamètre *d* ou *petit proportionné* se mesure au bout de la longueur et il doit être égal aux $\frac{2}{3}$ du grand diamètre.

La formule d'un mât régulier est donc :

$$d^{cm} = \frac{2}{3} D^{cm} = 2L^{m}.$$

Pour mesurer une pièce de mâture et la classer comme mât régulier, on évaluera la longueur de façon qu'elle soit un multiple de 30 centimètres, en comptant pour 30 centimètres tout reste plus grand que 15 centimètres. De même, le grand diamètre sera un multiple de 3 centimètres, en comptant pour 3 centimètres un reste supérieur à 15 millimètres, et le petit diamètre en nombre entier de centimètres, en comptant pour 1 centimètre une fraction de plus de 5 millimètres. Si le mât est ovale à l'un des proportionnés, on prendra la moyenne du plus faible et du plus fort diamètre.

Le grand proportionné est mesuré au $\frac{1}{6}$ de la longueur totale, et le petit à la longueur du mât régulier qu'on veut obtenir. Ce mât régulier est celui dont les dimensions sont au plus égales à celles qu'on a trouvées.

Les excédents des dimensions sur celles du mât régulier sont comptés en arrondissant les chiffres suivant les règles précédentes, ils servent pour l'évaluation du prix du mât.

Exemple. — Une pièce a $18^{m},65$ de longueur, $0^{m},558$ de diamètre à $3^{m},10$ du pied et $0^{m},354$ à 18 mètres du pied. Le plus grand mât qu'elle pourrait fournir en longueur serait de 18 mètres et aurait $D = 0^{m},54$, $d = 0^{m},36$. Le petit diamètre

est donc insuffisant. La classe inférieure donnera $L = 17^m$, $D = 51^{cm}$, $d = 34^{cm}$, et les excédents seront : $1^m,60$ sur la longueur, 6^{cm} sur le grand diamètre et 1^{cm} sur le petit.

Les *mâts proprement dits*, dont la formule est $d^{cm} = \frac{2}{3} D^{cm} = 2L^m$, sont compris entre les limites :

$$d = 60^{cm} \qquad\qquad d = 34^{cm}$$
$$D = 90^{cm} \quad \text{et} \quad D = 51^{cm}$$
$$L = 30^m \qquad\qquad L = 17^m$$

Pour les *mâtereaux*, la même règle donnerait des longueurs trop faibles, on emploie alors les formules :

$$d = \frac{2}{3} D \quad \text{et} \quad L^m = \frac{1}{10} D^{cm} + 12$$

et les valeurs extrêmes sont :

$$d = 32^{cm} \qquad\qquad d = 24^{cm}$$
$$D = 48^{cm} \quad \text{et} \quad D = 36^{cm}$$
$$L = 16^m,80 \qquad\qquad L = 15^m,60$$

Enfin, pour les *menus mâtereaux*, on a :

$$d = \frac{2}{3} D \quad \text{et} \quad L^m = \frac{1}{3} D^{cm} + 4$$

et les limites sont :

$d = 22^{cm}$		$d = 16^{cm}$
$D = 33^{cm}$	et	$D = 24^{cm}$
$L = 15^{m}$		$L = 12^{m}$

On voit que les 3 groupes de bois de mâtures forment une série continue dont les grands diamètres décroissent par 3^{cm} depuis 90^{cm} jusqu'à 24^{cm}.

40. Emploi des bois de mâtures suivant leur qualité. — Eu égard à leurs qualités et à leur emploi, on divise les mâts en plusieurs classes :

1[re] *Classe.* Les *mâts* d'*hune* et les *vergues*, qui sont les pièces les plus importantes de la mâture, seront des bois d'élite, sains, droits, vigoureux, sans nœuds préjudiciables à leur solidité et dont les dimensions seront bien conformes aux règles du tarif.

2[e] *Classe.* Les *mèches* et *jumelles supérieures* devant être travaillées pour entrer dans la construction des mâts d'assemblage. On peut être moins sévère sur les proportions, et admettre quelques vices légers ; un peu de courbure dans un sens que le travail fera disparaître sans donner trop de perte ; des nœuds petits et sains,

mais trop fréquents ou commençant trop bas, pour en faire un mât de hune, dont la pièce aurait d'ailleurs les qualités.

3e *Classe.* Les *mèches* et *jumelles inférieures* qui ne sont admises que par l'impossibilité de se procurer des bois de la classe précédente, et qui, d'ailleurs, remplissent à peu de chose près le même service pour les mâts d'assemblage.

On tolère dans ces pièces quelques défectuosités : une légère courbure sur deux sens, ou une courbure assez forte sur un seul sens pour qu'il soit nécessaire de travailler la pièce aux dépens de la solidité du bois; des nœuds trop multipliés ou trop gros ou dont quelques-uns sont gâtés ; les fibres torses, les roulures, gerçures, etc., la cîme desséchée, ce qui exige la réduction.

40. Mâts tronçonnés. — Les mâts tronçonnés sont ceux qui se trouvant coupés par des nœuds réunis ou par un vice au-dessous de la longueur régulière, sont cependant capables, avec leur longueur réduite, de former des beauprés d'une seule pièce.

Ils ont les diamètres des mâts réguliers depuis $D = 81^{cm}$ jusqu'à $D = 51^{cm}$, mais leur longueur est donnée par la formule $L^{m} = 0,2D^{cm} + 1,8$.

Au-dessous de 12 mètres, on les classe comme billons.

Les *mâtereaux* et *menus mâtereaux* doivent être d'une belle essence, droits, sans défauts et ayant au moins la longueur portée au tarif.

42. Prix d'achat. — Le prix d'achat des mâts est établi, non pas d'après le cube, mais à tant le mât régulier de telle dimension, de sorte qu'il y a autant de prix de base que de mâts réguliers. Le prix croît d'ailleurs un peu plus vite que le cube du diamètre bien que les mâts soient des solides semblables, à cause de la difficulté plus grande de se procurer des pièces d'échantillons supérieurs.

Les excédents en longueur et en diamètre sont payés d'après un tableau spécial fixé par le même tarif.

Les *mâts tronçonnés* seront reçus au stère et le prix en sera réglé suivant les grosseurs dans chaque marché particulier.

43. Qualités et vices des bois de mâtures. — Dans le bon bois de mâtures, la couleur est rouge pâle, le grain est fin et serré, les couches ligneuses égales, la substance résineuse suffisamment abondante et disposée par zones régu-

lières, les fibres rapprochées et adhérentes. Quand on entame la pièce, les copeaux s'en détachent sans sauter en éclats sous le coup de l'outil, et si on veut les désunir, ils se déchirent au lieu de se rompre. Ces qualités se rencontrent surtout dans les mâts de fraîche coupe et diminuent dans les mâts de coupe ancienne.

Les vices d'essence et même accidentels sont en général annoncés par la couleur blanche et rouge foncé du bois, par le défaut d'une quantité suffisante de substance résineuse, par des nœuds gros, multipliés et gâtés. Ils sont confirmés par les taches, roulures et gélivures que l'on découvre aux deux bouts de la pièce.

Un arbre *couronné* ou *mort sur pied* se reconnaît au dessèchement de la tête du mât et à l'altération de toute la substance.

Les *roulures* causent une pourriture rapide du bois surtout s'il est mis au sec après l'immersion, parce que l'eau a pu pénétrer jusqu'au milieu de la pièce et ne disparaît plus que très lentement.

Les *gélivures* simples ou cadranées altèrent beaucoup la force du bois; les frottures amènent souvent la pourriture.

Les *nœuds* gros, fréquents, en rosette ou pourris, mettent souvent la pièce hors de service même quand elle serait de bonne essence.

L'étendue de l'aubier est souvent difficile à apprécier sur les arbres résineux, elle ne s'accuse bien qu'après un temps plus ou moins long. Par une immersion prolongée, les couches extérieures du franc bois se ramollissent et tournent à l'aubier.

Un mât trop *arqué*, ou ayant le *cœur excentré* doit être réduit aux dépens de la solidité pour fournir des pièces droites pour mâts d'assemblage.

44. Espars. — Les espars sont d'échantillons plus faibles que les bois de mâtures et servent à faire les mâts et les vergues d'embarcation, les bouts-dehors de bonnette, etc. On les reçoit en grume et ils ont les dimensions suivantes :

Grand diamètre	12cm	15cm	18cm	21cm
Petit diamètre .	8	10	12	14
Longueur. . .	6 à 8m	8 à 10m	9 à 11m	10 à 12m

Ils proviennent de jeunes pins de bonne essence et ont un bois blanc ou légèrement teinté de rose. Ils doivent être sains, droits, flexibles, vigoureux et n'avoir que des nœuds petits et rares. Ils prennent avant de se rompre une flèche très prononcée, et leur cassure doit présenter de longues esquilles.

CHAPITRE II

—

CONSERVATION ET EMMAGASINAGE DES BOIS

45. — Les bois après leur recette restent quelquefois très longtemps avant d'être mis en œuvre. Dans cet état, et aussi après leur emploi, ils sont sujets à des causes de destruction dont les principales sont la *pourriture* et l'*action des insectes*. Il y a donc lieu de s'occuper de la conservation des bois avant et après leur emploi aux constructions.

Nous avons indiqué les principales causes de pourriture des bois ; elles proviennent surtout de l'humidité atmosphérique et de la fermenta-

tion de la sève qui reste contenue dans les tissus. Les alternatives de sécheresse et d'humidité favorisent également beaucoup la corruption du bois, sans doute par la production à sa surface de nombreuses fentes qui permettent l'introduction de l'air et des germes qu'il renferme à l'intérieur des pièces placées dans ces conditions.

La sève contenant des matières azotées constitue en outre une nourriture pour les insectes destructeurs des bois.

On facilitera donc la conservation ultérieure des bois en coupant les arbres lorsqu'ils contiennent le moins de sève possible, ou en se débarrassant de celle-ci par une dessication régulière et bien conduite.

Les bois peuvent être conservés soit *à l'air*, soit *dans l'eau*.

46. Conservation des bois à l'air. — Pour conserver les bois à l'air, il faut les disposer de telle sorte qu'ils arrivent à se débarrasser promptement de leur humidité, et ne soient pas exposés à être atteints de la pourriture, ou à souffrir des agents atmosphériques.

47. Piles. — Autrefois, on se contentait d'*empiler* les bois à même sur le terrain, en les re-

couvrant avec des enlevures. Ce procédé était, on le voit, absolument vicieux ; les bois en contact les uns avec les autres, mal abrités du soleil et de la pluie, étaient bientôt attaqués par la pourriture et les insectes.

On peut améliorer les conditions de l'empilage, en disposant les bois sur un terrain en pente préalablement dallé, où l'on a ménagé des socs en pierre sur lesquels repose le premier plan de bois. On doit prendre en outre la précaution de séparer chaque plan successif par des cales en bois très sec. On évite ainsi le contact des différentes pièces et on favorise le renouvellement de l'air. On peut recouvrir les piles ainsi formées de panneaux mobiles constituant une sorte de toiture qui les met à l'abri de la pluie.

Pour que ce procédé soit efficace, il faudrait prendre soin de défaire les piles de temps en temps, de retourner les faces de chaque pièce et de mettre en haut des piles les pièces qui étaient en bas et inversement.

D'ailleurs, la température devient intolérable en été sous les toitures dont les piles sont recouvertes ; il en résulte des fentes considérables dans les pièces de bois. De plus, les bouts des pièces ne sont pas garantis de la pluie, et si l'on

enclôt complètement la pile, on empêche le renouvellement de l'air et on favorise ainsi la pourriture.

Le procédé qui consiste à *brayer* l'extrémité des pièces de bois est mauvais en ce sens qu'il empêche l'humidité intérieure de la pièce de s'écouler.

48. Hangars. — Un procédé bien meilleur de conservation des bois consiste à les placer sous des hangars dont le système de construction doit être jusqu'à un certain point en rapport avec le climat. C'est ce que l'on s'est décidé à faire dans les différents ports.

Dans le midi et les climats chauds, les hangars à bois doivent être en maçonnerie pour être moins perméables à la chaleur directe du soleil. On doit surtout craindre une dessication trop rapide, et par suite, on ne doit établir qu'une ventilation modérée.

Dans les climats du nord, il faut au contraire chercher à établir une active circulation dès que le temps est un peu sec.

Dans tous les cas, les hangars doivent être munis de larges portes et les toitures de lanterneaux qu'on ouvre ou qu'on ferme suivant les conditions atmosphériques, de façon à éviter le

plus possible les différences de température et les alternatives de sécheresse et d'humidité.

Pour éviter l'attaque du lymexylon qui pénètre volontiers dans les hangars, il est bon d'établir de fréquents courants d'air dans les piles. Les bois qui ont été préalablement dépouillés d'une partie de leur sève par une immersion prolongée sont d'ailleurs beaucoup moins sujets aux attaques de cet insecte. Certaines essences maigres peuvent même être placées sous les hangars sans avoir été immergées.

Un inconvénient de l'empilage est la difficulté de manœuvrage des pièces, surtout lorsqu'elles occupent le bas des piles. Il en résulte que l'on prend de préférence dans le haut des piles, et par conséquent dans les bois les plus récents et les moins secs ce qui est fâcheux.

Il y a donc lieu de prêter une grande attention à l'arrimage des pièces au moment où elles arrivent sous les hangars, de façon à éviter autant que possible cet inconvénient.

Quand les bois sont empilés immédiatement en arrivant de la forêt, ils conservent une grande partie des éléments putrescibles de la sève dont la présence sera fâcheuse, si la dessication n'est pas complète, ou si le bois est exposé plus tard à s'imbiber à nouveau.

Si, au contraire, les bois ont été préalablement dépouillés d'une partie de leur sève par une immersion prolongée, il est indispensable de les placer sous les hangars pour permettre leur dessication complète, et, par conséquent, leur conservation.

49. Conservation des bois sous l'eau. — On voit, d'après ce qui précède, que les bois se conservent d'autant mieux qu'ils auront été plus complètement purgés de leur sève. Or, on sait que l'immersion prolongée dans l'eau dissout la plus grande partie de la sève, et de plus que, dans ces conditions, la conservation des bois est presque indéfinie.

La dissolution de la sève se fait plus facilement dans l'eau douce que dans l'eau salée, mais, d'un autre côté, l'action de l'eau douce paraît affaiblir sensiblement le bois au bout d'un certain temps. L'eau salée ne produit pas cet effet, et arrête même le développement de la pourriture sèche quand une pièce en est atteinte.

On cite le cas de navires à flot gravement attaqués par cette pourriture, et qu'une immersion de plusieurs mois dans l'eau de mer a radicalement guéris.

D'autre part, l'immersion dans l'eau de mer expose le bois aux attaques du taret. Pour résoudre cette difficulté, on a imaginé différents moyens :

1° Comme le taret ne vit pas dans l'eau saumâtre, on établit le dépôt de bois dans le voisinage de l'embouchure d'une rivière, là où la salure de l'eau est convenable. Le *dépôt de la Penfeld* au fond du port de Brest est dans ce cas ;

2° On a un espace séparé de la mer par une écluse dans lequel l'eau ne se renouvellera pas, et dont on entretient la salure au degré convenable avec très peu d'eau douce ; on vide de temps en temps ce bassin de son eau de mer et on le remplit d'eau douce qui tue infailliblement le taret. L'*anse de Kerhuon* à Brest et le *dépôt de Lagoubran* à Toulon sont établis dans ce système ;

3° Lorsque les localités ne permettront pas l'emploi de l'eau saumâtre, on soustrait les bois à l'action du taret, et en même temps on leur conserve une humidité permanente, en les recouvrant de vase ou en les enterrant dans le sable, car on sait que le taret ne séjourne que dans l'eau limpide. Ce procédé employé à Cherbourg à la *mare de Tourlaville*, est inférieur aux pré-

cédents : les bois ne sont pas lavés de leur sève comme par l'immersion dans l'eau ; de plus, leur manutention est extrêmement pénible ;

4° Un autre procédé très pratique pour la manipulation des bois consiste dans l'emploi des plages qui découvrent par la marée.

Au lieu de mettre les bois complètement sous l'eau, on les étale sur une plage dont la hauteur est telle que les bois qui y sont placés ne découvrent jamais assez longtemps pour être desséchés dans quelques-unes de leurs parties. Si, entre deux immersions, le bois avait le temps de perdre son humidité et d'être saisi par le soleil, il se détériorerait extrêmement vite.

Pour ne pas occuper un trop grand espace, on met les bois sur deux ou trois plans, et on les empêche de flotter au moyen de piquets enfoncés de distance en distance sur lesquels on cloue des gardes qui maintiennent les pièces en place.

La hauteur de la plage doit être choisie de telle manière qu'à marée basse, on puisse approcher facilement de la pièce dont on a besoin, y placer des crampes et des amarres, et qu'à marée haute, il y ait assez d'eau pour qu'une chaloupe puisse venir se placer au-dessus pour la saisir au moyen des amarres disposées à cet effet.

Il faut être sûr dans ce mode de conservation des bois d'éviter les attaques du taret tout en protégeant les bois contre la dessication. On peut arriver à ce double but en profitant des observations de M. Sganzin, ingénieur des travaux hydrauliques.

Il a remarqué que sur une pièce ou un piquet enfoncé dans la plage, le taret ne se montre jamais plus haut qu'un certain niveau situé un peu au-dessus du plan moyen des marées, et que, sur une certaine hauteur, assez restreinte d'ailleurs, commençant au sommet de cette zône protectrice du taret, les assèchements périodiques durent assez peu de temps pour que le bois conserve une humidité suffisante pour ne pas se détériorer. C'est dans cette zône que l'on doit placer les pièces à conserver. A Lorient, où ce procédé est appliqué, la zône protectrice a une hauteur de 80 à 90^{cm} et les dénivellations dues à la marée sont suffisantes pour permettre un batelage facile à haute mer. A Brest, le *dépôt de Rostellec* établi dans ces conditions a dû être abandonné en raison de l'invasion du taret.

50. Précaution à prendre avant la mise en œuvre des bois immergés. — Les bois conservés dans l'eau ne peuvent pas entrer im-

médiatement à leur sortie du dépôt dans une construction, puisqu'ils sont saturés d'humidité.

Il est indispensable, si on veut avoir des constructions durables, de les laisser sécher à l'air au moins pendant trois ans et par conséquent de les mettre dans les hangars. Malheureusement, il est rare qu'on puisse satisfaire à cette condition, en raison de la difficulté de prévoir quelques années à l'avance la quantité et la nature des pièces dont on aura besoin. Aussi, les constructions en bois actuelles sont-elles peu durables.

51. Conservation des bordages. — Les bordages débités, qui doivent toujours être prêts à être employés, sont conservés dans des hangars dont la situation doit être telle que la dessication ne soit pas trop rapide, ce qui exposerait ces pièces à se fendre.

52. Conservation des bois résineux. — Les bois résineux sont moins exposés que les bois de chêne à la pourriture sèche ; néanmoins, par une longue exposition à l'air, l'aubier devient friable, le bois se dessèche de plus en plus, abandonne sa résine, diminue de résistance et finit par perdre beaucoup de sa valeur. Ce dépé-

rissement est surtout grave pour les bois de mâtures qui ont besoin de toute leur force ; aussi est-il dans l'usage de les conserver dans l'eau qui s'oppose à l'évaporation de la résine et à la pourriture de l'aubier. La conservation dans l'eau présente d'ailleurs de sérieux inconvénients. Au bout d'un certain nombre d'années, l'aubier et même les premières couches du bois se ramollissent et n'ont plus aucune consistance. Ces bois se conservent mieux dans le sable mouillé, mais les frais de manipulation sont beaucoup plus grands.

Les dépôts sous l'eau doivent être établis avec plus de précautions encore que pour le bois de chêne, en raison d'abord de la faible densité de ces bois qui tend à les faire remonter plus facilement à la surface, et ensuite parce que le taret les détruit beaucoup plus rapidement que le chêne, et qu'il peut y vivre même dans la zône préservatrice.

C'est pourquoi, on préfère souvent conserver ces bois dans l'eau douce qui ne paraît pas les altérer plus que l'eau de mer. Les bois résineux retirés de l'eau et exposés à l'air sont assez longtemps à se débarrasser de leur humidité et éprouvent un retrait assez prononcé. Si l'on doit en faire des mâts ou des vergues d'une seule pièce,

il est inutile de les laisser sécher et on peut les travailler de suite ; si l'on doit en faire des mâts d'assemblage, il est bon de laisser sécher les différentes parties après leur confection et avant l'assemblage, sinon ce dernier ne tiendra plus au bout de peu de temps. Les baux peuvent être aussi conservés sous l'eau, mais, si on les emploie immédiatement, le retrait qu'ils prennent en séchant leur sera très nuisible en détruisant les assemblages ; si d'autre part, on les laisse longtemps en pile avant de les travailler, ils se dessèchent trop ; le mieux est donc d'en faire un approvisionnement restreint, puisque ces bois ne sont pas rares, et de les conserver à terre. On peut en dire autant des billons.

Les bordages en *sap* doivent être conservés dans des hangars, car on ne les emploie que très secs ; d'un autre côté, par un séjour trop prolongé dans les piles, ils sont exposés à dépérir comme les gros bois. Il convient donc également dans ce cas de n'avoir qu'un approvisionnement restreint représentant la consommation de 2 ou 3 années au plus.

53. Conservation des constructions en bois et en particulier des coques de navires. — Lorsque le bois est mis en œuvre dans

la coque d'un navire, la membrure se trouve dans des conditions très défavorables pour sa conservation, car elle est presque partout emprisonnée et environnée d'air stagnant.

Pour s'opposer à l'invasion de la pourriture sèche, il faudrait donc avant tout, ne pas employer de bois humide, ou contenant de la sève, et, par suite, prendre des bois conservés sous l'eau à la condition toutefois qu'ils aient subi sous les hangars, entre leur sortie des fosses et la mise en œuvre, une dessication suffisante.

La rapidité avec laquelle se font les constructions actuelles ne permet pas de remplir ces conditions, et, si une partie des pièces peuvent être prises sous les hangars dans un état de siccité suffisante, un grand nombre d'autres doivent être retirées de l'eau pour être immédiatement mises en œuvre.

Ce qui atténue fort heureusement, cet inconvénient, c'est que le bois de membrure des vaisseaux, une fois débité et travaillé ne représente comme volume guère plus de la moitié de la pièce primitive, ce qui permet une dessication plus rapide ; de plus, pour arriver au même résultat, on doit laisser le navire monté en *bois tors* et non bordé, aussi longtemps que possible.

Un navire en bois construit dans les ports du

Nord est donc dans de bien plus mauvaises conditions qu'un navire construit sous un climat sec, à Toulon, par exemple.

Le bordé est dans une situation moins défavorable que la membrure.

Une grande partie en peut être prise dans les bordages suffisamment secs de l'approvisionnement, et les pièces spéciales, peuvent être choisies au commencement de la construction du bâtiment, retirées de l'eau et travaillées immédiatement. Elles ont donc le temps de sécher suffisamment pendant qu'on monte la membrure. Les bois employés doivent être absolument dépouillés d'aubier.

Pendant la construction, il faut prendre toutes les précautions favorables au départ de l'humidité : établir une toiture au dessus du bâtiment dès que la membrure est montée, laisser de place en place quelques virures délivrées et une grande partie des trous de gournables ouverts, fermer les entrées le plus tard possible, éviter d'obstruer les mailles avec des copeaux, en un mot, avoir jusqu'au dernier moment une circulation d'air dans la muraille.

54. Conservation des bâtiments à flot. Quand un navire est à flot, les parties les plus

exposées à la pourriture sont la *membrure*, surtout s'il y a un vaigrage continu, les *assemblages des baux* et de la muraille, le *bordé extérieur* dans la tranche *d'exposant de charge* qui subit des alternatives d'imbibition et de dessication. Le bordé de carène continuellement immergé se conserve bien.

Le dépérissement de ces différentes parties est dû surtout aux causes suivantes : *défaut d'air*, *contact de matières organiques* plus ou moins décomposées, *humidité*, *température élevée* due au voisinage des chaudières ou de la machine.

Les principales précautions à prendre consistent donc surtout, dans une aération convenable pour enlever l'humidité et dans une propreté rigoureuse. En étudiant les emménagements, on doit bien se pénétrer de cette pensée que la ventilation et l'aération sont aussi utiles à la conservation du navire qu'à la santé et au bien-être de ses habitants. Cette observation s'applique d'ailleurs aussi bien aux navires en fer qu'aux navires en bois.

On doit donc avoir des panneaux larges et qui se correspondent, éviter de les obstruer avec des caillebotis en bois qui réduisent la section des 3/4, ménager dans la cale une coursine longitudinale desservie par des manches à vent, et en-

fin partout où on le peut, faire les cloisons des soutes à claire-voie, soit en bois, soit en treillis, soit en tôle perforée.

Sur les *bâtiments désarmés*, on doit prendre des mesures analogues : soigneusement nettoyer les fonds et les maintenir toujours secs, éviter de laver le faux pont et la cale, tenir ouverts les panneaux et les portes de soutes ; délivrer quelques virures dans les cloisons ; entretenir le calfatage du pont supérieur et de la muraille afin d'éviter toute infiltration d'eau ; abriter les gaillards avec des tentes et des tauds, ou si l'on ne peut le faire, munir chaque écoutille d'un capot qu'on enlève par beau temps, et recouvrir toute la surface du pont supérieur d'un enduit protecteur, soit de peinture ordinaire, soit d'un mélange de galipot, de goudron et d'ardoise ; abriter les drômes des mâtures ou d'embarcations, par des toitures en bois ou en toile peinte coaltarée ; soulager les bas-mâts pour éviter que le tenon ne pourrisse, et couvrir la tête d'un capot ; orienter convenablement les manches à vent. Si la muraille n'est pas disposée pour une aération facile des mailles, délivrer une virure du bordé extérieur et munir le bord supérieur d'un auvent pour empêcher la pluie d'entrer. Tout système de construction permettant l'aéra-

tion des mailles est d'un bon emploi ; cependant, si les trous d'aération débouchent à l'intérieur du navire, il faut entretenir avec soin dans les fonds la plus grande propreté pour ne pas envoyer de mauvaises odeurs dans la batterie.

Sous la machine, les fonds doivent former une cuvette étanche pour empêcher absolument les eaux grasses de se répandre dans la cale.

Les navires en bois à vapeur construits avant l'extension qu'a pris aujourd'hui l'emploi du fer et de l'acier, se sont trouvés dans des conditions bien plus déplorables que les anciens navires à voiles, la rapidité de leur construction ayant forcé d'employer des bois insuffisamment secs ; de plus, la machine est une source constante de chaleur et d'humidité ; enfin l'emploi des cloisons étanches a encore rendu plus difficiles l'aération des différentes parties du navire.

On doit prendre, même encore aujourd'hui, les plus grandes précautions pour empêcher les infiltrations d'eau dans le matelas sous cuirasse que possèdent les cuirassés actuels, car la pourriture sèche y causerait des dégâts d'autant plus rapides que les pièces de bois y sont jointives et qu'il est impossible de se rendre compte de leur état.

55. Procédés artificiels de conservation. — En présence de l'impossibilité de laisser actuellement les navires sécher sur cale, on a cherché d'autres moyens de conservation.

Nous allons passer rapidement en revue les différentes méthodes qui peuvent être employées pour atteindre ce but, en faisant toutefois remarquer que, si quelques-unes d'entre elles donnent d'excellents résultats dans les constructions à terre, elles n'en ont jamais fourni que d'assez médiocres dans les constructions navales.

56. Enduits extérieurs. — La première idée a été de recouvrir la surface du bois d'un enduit imperméable, de manière à soustraire la pièce aux influences extérieures. On a obtenu ainsi de bons résultats pour des pièces enfoncées dans la terre humide : pieux, poteaux télégraphiques, etc., dont l'extrémité était enduite de coaltar ; mais l'application du même procédé aux bois de la charpente d'un navire n'a pas réussi. Voici la raison de cet insuccès : En général, les pièces employées à terre étant de faibles dimensions ont eu le temps de se dessécher d'une manière presque complète avant de recevoir l'enduit protecteur. Une fois mises en place, elles sont dé-

truites par la pourriture ordinaire provenant de l'humidité du sol, et non par la pourriture sèche. L'enduit produit donc dans ce cas un bon effet, puisqu'il arrête l'humidité provenant du dehors. Dans le cas d'un navire, au contraire, c'est surtout la pourriture sèche qui est à craindre ; or, elle se développe sous la seule influence de l'humidité intérieure et à la faveur d'une quantité très petite d'air. Dans ces conditions, l'enduit de coaltar, tout en n'arrêtant pas complètement la pénétration de l'air humide, s'oppose surtout au dessèchement naturel du bois, et favorise ainsi le dépérissement.

L'enduit, quel qu'il soit, est utile sur les faces de jonction de pièces en contact. L'expérience a montré que c'est dans cette lame d'air stagnante extrêmement mince, que se développent surtout les champignons dont l'apparition coïncide avec l'invasion de la pourriture sèche. Si les bois en contact ne sont pas de la même essence, l'enduit est encore plus utile, car le développement de la pourriture est plus rapide.

57. Carbonisation des bois. — On sait depuis longtemps que la carbonisation superficielle des pieux enfoncés dans la terre leur donne une durée presque indéfinie. Ce résultat est facile à

prévoir. La carbonisation rend la surface des bois plus compacte et moins perméable, et de plus, elle imprègne le bois de substances empyreumatiques éminemment propres à sa conservation. Enfin, elle tue les germes organisés qui peuvent s'être déposés dans la couche superficielle du bois.

M. de Lapparent, ancien Directeur des Constructions navales, avait pensé obtenir de bons résultats par l'application de ce procédé sur la charpente des navires. Il carbonisait les différentes faces des pièces de membrure, les faces planes et les abouts des couples, ainsi que les faces de placage des bordages avant leur montage. Les faces courbes des membrures qui doivent être parées après le montage étaient carbonisées sur place.

Le procédé de carbonisation n'a pas répondu complètement aux espérances de son auteur, et il n'est plus appliqué dans les constructions navales, soit à cause de son peu d'efficacité, soit en raison des dangers d'incendie que présente son emploi.

On peut expliquer l'inefficacité du procédé de carbonisation de la même manière que nous avons expliqué l'insuffisance de l'enduit : la dessication de l'intérieur du bois ne se fait plus

aussi facilement qu'avant la carbonisation. Il est vrai que les germes superficiels sont détruits, mais pour des pièces en contact, la carbonisation paraît inférieur à l'enduit.

58. Injection des bois. — Tant qu'on n'agit que sur la surface extérieure des bois, on ne peut empêcher la décomposition, puisqu'elle est due à la coexistence dans la masse du bois des matières azotées et de l'humidité. On ne peut se débarrasser de l'humidité qu'à la longue, au moins pour les pièces un peu fortes ; on a donc cherché à rendre la matière azotée imputrescible au moyen de divers agents chimiques qu'on essaie de faire pénétrer dans la totalité des tissus. Toutes les substances ayant des propriétés antiseptiques peuvent être d'un bon emploi. Le nombre de celles qu'on a employées est considérable, nous nous bornerons à citer les suivantes :

Le *sel marin*, pour être efficace, doit être à l'état de dissolution concentrée. Ce procédé employé en Russie a plusieurs inconvénients : Les bois imprégnés ne doivent pas être immergés, car ils perdent leur salure ; de plus, le sel étant hygrométrique, entretient dans les cales de navire une humidité malsaine et nuisible au chargement.

Le *bichlorure de mercure* est un antiseptique puissant, mais il coûte cher, est d'un emploi dangereux et disparaît rapidement des bois plongés dans la mer. Il a été expérimenté en Angleterre par M. Kyan.

Le *chlorure de zinc* (procédé Burnett) employé à Woolwich en 1835 a donné de bons résultats. Des bois soumis à cette préparation sont restés 5 ans dans une fosse humide sans altération. Le chlorure de zinc est moins coûteux, moins dangereux à employer que le bichlorure de mercure, et il a l'avantage de former avec l'albumine du bois une combinaison qui n'est pas dissoute à la longue par l'eau de mer. Malheureusement, ce sel est très hygrométrique, ce qui est un inconvénient sérieux.

Le *sulfate de cuivre* est le sel qu'on préfère actuellement à cause de son efficacité et de son prix peu élevé, mais il se dissout à la longue dans l'eau de mer.

Enfin, certaines substances organiques : *créosote*, *phénol*, ont donné de bons résultats.

Il nous faut maintenant dire un mot des différents procédés employés pour faire pénétrer la substance préservatrice.

59. Procédé Boucherie. — Le premier

moyen employé consistait à profiter de la force ascensionnelle de la sève pour faire pénétrer le liquide employé qui était du pyrolignite de fer. On plongeait le pied de l'arbre coupé, mais non dégarni de toutes ses branches, dans un réservoir rempli du liquide, et la circulation, continuant pendant quinze jours au moins après l'abatage, entraînait la substance préservatrice dans toutes les parties du bois. On reconnut ensuite qu'on pouvait équarrir l'arbre avant l'application du procédé, ce qui diminuait la quantité de liquide absorbé.

Peu après, on ne se contenta plus de la force ascensionnelle de la sève, on fit pénétrer le liquide sous pression ; pour cela, on le plaçait dans un réservoir élevé de 10 à 15 mètres au-dessus de la surface du sol, et on l'amenait au moyen d'un tube dans une boîte étanche ajustée à l'un des bouts de la pièce couchée sur le sol.

L'extrémité qui reçoit le liquide doit avoir été récemment coupée, sans quoi les vaisseaux sont bouchés.

La pénétration du liquide est extrêmement variable avec l'essence du bois ; le peuplier et le hètre s'injectent parfaitement ; les bois de pin sont plus difficiles à pénétrer, le bois parfait n'absorbe qu'une petite quantité de sulfate de

cuivre, mais l'aubier s'injecte complètement et acquiert ainsi la durée du bois parfait. Le chêne est à peu près complètement rebelle, l'aubier seul s'injecte, mais comme sa résistance n'est pas augmentée, on ne peut davantage l'admettre dans les constructions.

Ce procédé n'est donc pas applicable à la plus grande partie des bois de marine, le chêne et le pin. Le hêtre injecté n'est pas assez résistant comme bois de membrure, et si on veut l'employer comme bordage, le sulfate de cuivre est promptement dissout par l'eau de mer. Ce bois s'emploie surtout maintenant pour les traverses de chemin de fer; la consommation du bois de chêne est ainsi diminuée et il en reste une plus grande quantité disponible pour la marine.

60. Procédé Légé et Fleury-Pironnet. — Ce procédé est plus expéditif et plus complet que celui du docteur Boucherie. Les bois sont placés dans un récipient métallique et soumis à l'action de la vapeur qui dilate et ramollit les pores du bois; on fait ensuite le vide dans le récipient de façon à enlever la majeure partie des gaz et de l'air contenus dans les pores; puis on amène la dissolution de sulfate de cuivre chaude sous une pression de 12^{kg}. Après quoi,

on retire les bois et on les sèche à l'air libre. D'après M. de Vésigné, l'aubier de tous les bois est injecté d'une manière complète.

Dans le chêne, les extrémités prennent seules un peu de liquide ; la partie fibreuse est absolument rebelle. L'orme s'imprègne mieux que le chêne, mais d'une façon très irrégulière et sans causes apparentes.

Le hêtre se laisse pénétrer dans toutes ses parties.

Le pin résiste absolument, sauf l'aubier.

Le peuplier est le bois qui absorbe le plus de liquide.

L'injection d'un mètre cube de bois par ce procédé revient à environ 9 fr. Il est plus économique que le procédé Boucherie, mais ne paraît pas d'une application plus directe aux constructions navales.

Le sulfate de cuivre tend d'ailleurs à être remplacé par la créosote pour l'injection des traverses de chemin de fer, parce que le bois imprégné de sulfate de cuivre se désorganise promptement au contact du fer des clous, vis ou coussinets.

61. Bois créosoté. — L'injection du bois à la créosote, déjà essayé en Angleterre et en Bel-

gique, a été appliquée en France par M. Forestier aux Sables d'Olonne dans le but de rendre les bois inattaquables par les tarets. On a constaté par expérience que le bois qui a absorbé une quantité suffisante de créosote (300^{kg} par mètre cube) est inattaquable, tandis que les bois injectés au sulfate de cuivre placés dans les mêmes conditions ont été dévorés en peu de temps. On n'a guère appliqué ce procédé que sur des bois de pin et de sapin et on a constaté que le cœur ne s'injecte que très peu.

Ce procédé n'est donc efficace que pour les pièces et pilotis faits au moyen de billes rondes garnies de leur aubier.

L'appareil d'injection ressemble beaucoup à celui de M. Légé, seulement on a soin de ne pas chauffer les bois par l'application directe de la vapeur, mais au moyen de serpentins qui circulent à l'intérieur de l'étuve contre les parois. Si l'on mettait le bois en contact avec la vapeur d'eau, la créosote qui contient des matières huileuses ne pénétrerait plus aussi bien. On admet une dépense de 34^{fr} par mètre cube de bois injecté à 300^{kg}. Il faut remarquer aussi que l'appareil ne comprend pas de condenseur ; on fait le vide avec une pompe et on comprime la créosote à 10^{atm}.

Un perfectionnement du procédé Boucherie,

par M. Pontzen, consiste à refouler le liquide sous une très forte pression par une extrémité de la pièce, tandis qu'on laisse échapper les gaz et la sève à l'autre extrémité. On réunit ainsi les avantages des procédés Boucherie et Légé.

Ce procédé a été expérimenté avec succès en Autriche.

62. Dessication des bois. — Les bois employés en menuiserie, et qui sont de faible échantillon, peuvent être desséchés rapidement par des procédés artificiels et acquérir ainsi une incorruptibilité presque absolue. M. Fréret de Fécamp soumet pendant dix à douze jours les bois débités à l'action continue de la fumée produite par la combustion de sciure ou de déchets de toute espèce de bois ; cette fumée doit circuler afin d'entraîner l'humidité.

Ce procédé donne de bons résultats qu'on peut attribuer aux raisons suivantes :

Les bois sur lesquels on opère sont de faible échantillon. La durée de l'opération est assez longue.

L'air chaud et la fumée circulent d'une manière continue.

La fumée a certainement une action préservatrice spéciale, en raison des produits créosotés

et pyroligneux qu'elle contient et dont les propriétés antiseptiques ne sont pas douteuses.

Sur les planches de noyer déjà très sèches, la perte par dessication a été de 40 %; du hêtre de 40mm a perdu 42 %.

Dans la fabrique de pianos de MM. Pleyel et Wolff on emploie l'air chaud comme procédé normal de dessication. Les bois sont placés dans une étuve munie à chaque bout d'une bouche de calorifère et d'un ventilateur aspirant de sorte qu'on peut changer le sens du courant d'air. On change les bois de place et le sens du courant d'air de façon que l'humidité des pièces moins desséchées, ne soit pas reportée sur des pièces plus sèches.

Les bois qui ont déjà subi à l'air une dessication naturelle de plusieurs années séjournent de 3 à 6 mois dans les séchoirs, la température de l'air introduit est de 25 à 30°.

Dans quelques cas pressés, on a recours à la méthode Fréret, mais pour des bois de premier choix, cette méthode ne vaut pas l'autre parce que la température peut n'être pas uniforme en tous les points, que les pièces trop minces sont sujettes à se déjeter et à se voiler, et qu'enfin la surface du bois prend quelquefois une teinte noirâtre qui peut nuire à son emploi.

CHAPITRE III

—

TRAVAIL DES OUTILS A BOIS

63. Généralités. — Les différents outils qui servent à travailler le bois agissent tous plus ou moins à la façon du coin. Nous allons donc rappeler très succinctement comment agit cet outil.

Fig. 3

Soit AOB (*fig.* 3) L'angle d'un coin pressé suivant la direction CO. Cette force donne naissance à deux réactions N, N′, et à deux forces de frottement fN, f' N′ dont l'ensemble équivaut à deux

pressions obliques P et P′. Les composantes verticales de ces pressions donnent une charge debout sur la pièce ; les composantes horizontales tendent à écarter les deux moitiés qui se sépareront suivant une ligne de moindre résistance dans la partie qui subit l'effort.

Cet outil assez grossier est employé à fendre le bois, et industriellement, il sert au débit des merrains, des avirons, des gournables, etc. En supposant sur le coin une action symétrique, l'effet d'écartement ne se produirait plus, si le demi-angle du coin était supérieur ou égal au complément de l'angle de frottement. Dans ce cas, on aurait simplement une pression qui tendrait à écraser la pièce, on doit donc avoir :

$$AOB < 180 - 2\varphi$$

$$\left.\begin{array}{l}\varphi = 32^\circ \\ f = 0{,}62\end{array}\right\}$$ pour le cas du frottement de fer sur bois.

Si le coin est symétrique par rapport à la direction de la poussée, les efforts sur les deux faces sont égaux. Pour la meilleure utilisation du coin, on démontre que la section doit présenter le profil d'un triangle rectangle : la direc-

tion de la poussée se faisant suivant un des côtés de l'angle droit.

En général, dans le travail des outils qui agissent à la façon du coin, la pièce à travailler est immobile, et l'outil se déplace ; cependant, pour certaines pièces, c'est l'outil qui est fixe.

64. Travail du ciseau. — Il arrive rarement qu'on ait à séparer les fibres suivant la ligne de moindre résistance.

Le plus souvent, l'outil doit pouvoir façonner la pièce dans toutes les directions, qu'il soit manié par la main de l'ouvrier ou par une machine spéciale.

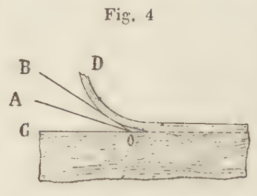
Dans le fonctionnement du coin que nous avons examiné, les deux faces portent sur la pièce à travailler. Or, en général, la surface à enlever est assez faible, et le genre de travail du coin produit un frottement sur les deux faces. On a donc trouvé plus avantageux de supprimer le frottement sur une des faces en donnant à cette face une certaine inclinaison sur la surface à travailler.

On obtient ainsi la disposition de la *fig.* 4 ; la face AO ne frotte pas contre la pièce qui est maintenue fixe, la face BO seule pousse le copeau.

Examinons les différents cas qui peuvent se présenter dans le travail des bois.

1er *cas*. L'outil travaille à peu près parallèlement aux fibres. Le copeau déjà formé OD (*fig.* 4) est fléchi et, soulevé par l'outil, tend à produire la séparation des couches ligneuses en avant du tranchant et suivant la direction des fibres ; comme, en général, celles-ci ne suivent pas la direction CO de la poussée, il faut qu'elles soient réellement tranchées par l'outil, et non pas séparées par arrachement.

Fig. 4



L'angle de l'outil doit donc être assez aigu, pour réaliser la condition précédente, mais le copeau doit être désagrégé et avoir perdu tout ou partie de son élasticité pour n'exercer qu'un faible effort de flexion en O. On obtiendra ces résultats de la façon suivante :

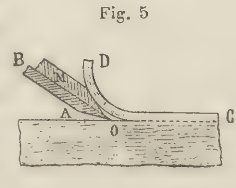
1° En produisant un copeau suffisamment mince ;

2° En faisant l'angle du coin assez ouvert en O pour briser le copeau en ce point, condition en désaccord avec celle de l'acuité de l'outil;

3° En augmentant la flexion du copeau au

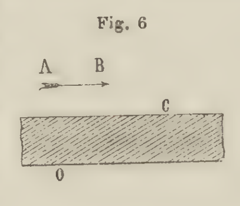
moyen d'un contre-fer placé un peu en arrière du tranchant. Le contre-fer étant placé en M (*fig*. 5); le copeau le rencontre, et au lieu de monter sur la face BO, s'infléchit fortement ce qui augmente son moment de rupture en O. Cette disposition est employée dans le rabot de menuisier et dans certaines raboteuses mécaniques;

Fig. 5



4° En empêchant, par une pression convenable, la disjonction de se produire trop loin en avant du tranchant. Dans le rabot, cette distance est l'ouverture de la lumière et la pression est produite par la monture de l'outil. Avec ces précautions, on pourra travailler le bois sans que les fibres soient bien parallèles à la surface; néanmoins, si elles se présentent suivant des directions telles que OC (*fig*. 6), il sera bon de faire marcher l'outil suivant AB et non pas en sens inverse ou *à contre-fil*.

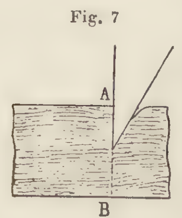
Fig. 6



2e *cas*. L'outil s'enfonce dans le bois perpendiculairement aux fibres dans le voisinage du bout de la pièce.

Les parties situées à droite du plan AB (*fig.* 7) suivant lequel se meut l'outil, sont d'abord coupées, puis refoulées et infléchies en glissant les unes sur les autres. Le copeau aura d'autant moins de consistance que ce glissement des bouts de fibres sera plus accentué, ou que l'angle de l'outil sera plus ouvert. Quand les fibres se détachent ainsi les unes des autres après leur séparation de la pièce de bois, on n'obtient plus de copeaux, mais de la sciure.

Fig. 7



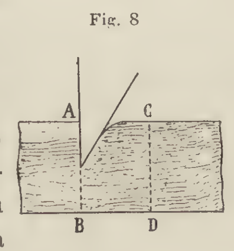
Au point de vue du travail mécanique dépensé, on aurait intérêt à produire des copeaux et non de la sciure ; on serait donc conduit à faire l'angle du taillant des scies très aigu, mais le copeau ne se dégagerait pas, et le frottement qui en résulterait augmenterait le travail à produire, tout en risquant d'amener la rupture de l'outil dont la fragilité serait accrue par l'acuité du tranchant.

Un effet analogue se produirait en faisant agir l'outil à une trop grande distance du bout de la pièce. Dans ce cas (*fig.* 8), les fibres seront déprimées et infléchies entre les deux plans AB et CD, mais ne pourront se détacher.

L'outil rencontrant une résistance de plus en plus grande finira par se briser sous l'action de la force.

Pour creuser une mortaise en plein bois, il faudra donc, après avoir fait agir le ciseau en AB et avoir tranché quelques fibres dans cette région, retourner l'outil et le faire agir un peu plus loin en CD. On arrivera ainsi à détacher les bouts de fibres contenus entre AB et CD.

Fig. 8



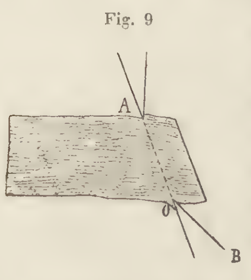
Ce genre de travail exige un outil assez ouvert, car autrement, il ne produirait qu'une pression debout sur les fibres, mais sans le fléchissement qui les fait glisser les unes sur les autres ; de plus, il resterait engagé dans le bois par la pression latérale et se retirerait difficilement.

3e *Cas*. Supposons enfin que l'outil attaque obliquement les fibres. Le tranchant agissant en A (*fig*. 9), les bouts de fibres sont tranchés, puis rejetés au dehors sans difficulté.

Si, au contraire, l'outil se présente à contrefil, en O, la pression de la face OB est à peu près normale aux fibres et ne tend pas à les séparer

par glissement latéral. On est donc dans une condition désavantageuse et presque inadmissible. Cependant, quelques outils travaillent à contre-fil, mais ils possèdent une très grande vitesse, et les parties rencontrées par l'outil sont désagrégées et enlevées avant que les pressions ou efforts aient eu le temps de se transmettre dans la masse du bois.

Fig. 9



Ce qui précède montre qu'il peut y avoir avantage, pour la perfection du travail, à employer un angle tranchant plus ou moins aigu. La dépense de travail mécanique varie évidemment avec cet angle, mais cette considération est d'une importance tout à fait secondaire et n'entre pour ainsi dire pas en ligne de compte dans la question du travail des bois. Ainsi, cet angle devra être relativement grand quand l'outil devra agir par chocs ou quand le bois est dur à travailler, quand l'acier est de qualité médiocre et enfin pour éviter des affûtages trop fréquents. Les scies, par exemple, doivent être peu fragiles, assez douces pour être affûtées à la lime,

et il n'est pas utile qu'elles produisent une surface polie ; on leur donne donc, en général, des dents assez camardes qui sont plus résistantes, désagrègent complètement les bois, et forment une sciure qui se dégage facilement.

Les ciseaux de menuisier en bon acier ont un angle de 20° environ, les *bédanes* de 30 à 35°.

Les outils présentent des formes trop différentes, le bois est d'ailleurs lui-même d'une résistance trop variable, pour qu'on puisse évaluer le travail mécanique correspondant à un effet donné. Il se compose généralement de trois parties :

1° Le travail de frottement des faces de l'outil sur le bois ;

2° Le travail direct de rupture par le tranchant qui agit en général plus ou moins normalement aux fibres ;

3° Le travail de désagrégation provenant du glissement latéral des fibres les unes sur les autres.

Nous indiquerons plus loin les expériences sur lesquelles on s'appuie pour l'évaluation de ce travail et les formules employées.

65. Différentes sortes d'outils. — Suivant leur forme et la manière dont ils attaquent le

bois, on peut diviser les outils en plusieurs catégories :

1° Les outils à *fendre* : *coin;*

2° Les outils *tranchants* qui coupent et séparent les fibres ; ils constituent une grande partie de l'outillage et peuvent être représentés par la *hache*, le *ciseau*, l'*herminette*;

3° Les outils à *raboter* qui ne travaillent le bois qu'à la surface, en enlevant des copeaux minces ayant une certaine cohésion, et dirigés à peu près dans le sens des fibres : *rabots*;

4° Les outils à *percer* ou *mèches* qui agissent à peu près comme le ciseau ;

5° Les *scies* caractérisées par la multiplicité des tranchants et la faible épaisseur de matière en prise avec chacun d'eux ce qui amène une désagrégation complète de la matière.

Nous ferons remarquer que cette classification se rapporte surtout aux outils à main. Dans les outils mécaniques, la distinction est moins nette, et on les classe surtout d'après le résultat qu'on en veut obtenir.

Les outils à bois sont complètement en acier, quand ils sont de petite dimension, ou qu'ils doivent faire des travaux très fins ; ou en fer garni d'une mise d'acier, lorsqu'ils sont d'assez

grande dimension, ou qu'ils doivent travailler par chocs.

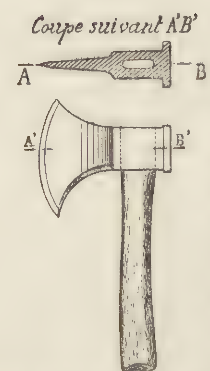
Leur trempe est en général assez douce, puisqu'ils agissent sur une substance peu résistante. On donne surtout une trempe faible à ceux que leur configuration empêche de pouvoir être aiguisés à la meule, et qui doivent l'être à la lime. La plupart des scies sont dans le cas.

66. 1° **Outils à fendre.** — Le *coin* est l'outil le plus grossier ; il se compose simplement d'une prisme triangulaire en fer garni quelquefois à la partie supérieure d'une portion aciérée. On munit dans certains cas les coins d'un massif en bois maintenu par des cercles pour permettre une action plus facile. On agit sur le coin par le choc d'une masse.

67. 2° **Outils tranchants.** — La *hache* peut avoir différentes formes suivant l'usage auquel elle est destinée. Elle peut avoir la forme représentée *fig.* 10 où le tranchant est symétrique par rapport à la ligne d'axe AB ; elle ne sert alors que d'outil dégrossisseur ou simplement au débit de droit fil. Pour ce dernier usage, on emploie de préférence une hache dont le tranchant a un angle plus ouvert, et présente tout à

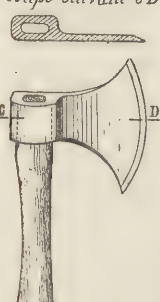
fait la forme d'un coin muni d'un manche. Cette hache, employée par les scieurs de bois de chauffage, s'appelle *merlin*.

Fig. 10



On a modifié la forme de la hache pour permettre de s'en servir comme outil à façonner. Au lieu de faire le tranchant symétrique, on lui a donné la forme d'un coin rectangulaire (*fig.* 11) c'est-à-dire qu'on n'a taillé la matière en biseau que d'un côté, l'autre côté restant plan. La lame se trouve donc rejetée sur un seul côté du manche. On a ainsi ce que les anglais appellent *side-axe* ou *hache de côté*.

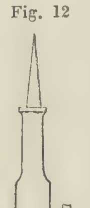
Fig. 11



L'avantage de cette disposition est de permettre à l'outil d'être tenu pendant l'action plus parallèlement à la face à travailler, de telle sorte qu'il s'enfonce moins dans le bois, et permet de

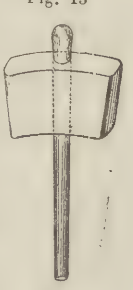
suivre plus exactement un tracé. Les éclats plus faibles détachés par cette hache ne tendent pas à pénétrer aussi profondément dans la pièce, et ne risquent pas de dépasser le plan à travailler. On dégrossit les pièces de cette façon et on peut les soumettre immédiatement après aux varlopes ou aux rabots qui poliront la surface.

Fig. 12



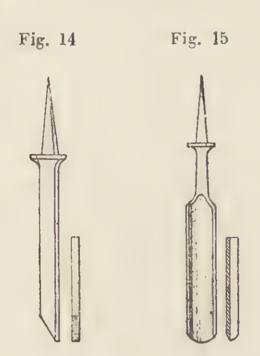
Les *ciseaux* sont de différentes sortes. On distingue : les ciseaux ordinaires de menuisier (*fig.* 12) dont l'angle du tranchant est de 20° et se présente sous la forme du coin rectangulaire. Ces ciseaux, sauf les petits, sont souvent en fer garni d'une mise d'acier sur la face plane. Le ciseau ordinaire s'emploie pour travailler l'extrémité d'une pièce très petite, pour pénétrer dans de petites moulures ou pour quelques travaux d'ornement. L'outil porte un manche en bois sur lequel on frappe avec un *maillet* de même substance (*fig.* 13.)

Fig. 13



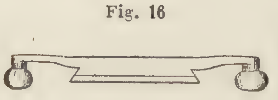
Les *bédanes* (*fig.* 14) ou ciseaux à mortaiser doivent être plus robustes, puisqu'ils servent à pratiquer les mortaises en plein bois. Ils présentent

de ce fait un angle plus grand au tranchant ; cet angle varie de 30 à 35°.


Fig. 14 Fig. 15

Les *gouges* (*fig.* 15) ne sont autre chose que des ciseaux ayant la forme cylindrique. La face ayant ses génératrices parallèles à l'axe est intérieure ; la face extérieure a ses génératrices travaillées aux extrémités pour former le tranchant. La gouge sert à commencer les trous pour le passage de la mèche à cuiller.

On peut ranger parmi les outils qui travaillent à la façon du ciseau la *plane* des tonneliers (*fig.* 16) qui se compose d'un fer plan ou courbe manœuvré par deux poignées placées à chaque extrémité. Le principal défaut de la plane est de n'être pas guidée et de pouvoir pénétrer dans le bois d'une quantité plus grande que celle qu'on désire.


Fig. 16

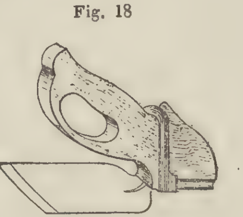
L'*herminette* (*fig.* 17) est un instrument très employé dans les ports. Il se compose d'un ou-

til présentant une forme convexe avec un manche droit ou légèrement courbe. On peut l'employer pour le dégrossissage et le parage. Les ouvriers montés sur la pièce la taillent et la façonnent dans tous les sens. On trouve dans les ports des gens très habiles dans le maniement de cet outil et qui arrivent à parer les surfaces presque aussi bien qu'au rabot.

Fig. 17

La manœuvre de l'herminette est assez dangereuse et souvent les ouvriers se font des blessures au pied, s'ils rencontrent une surface plus tendre ou si le coup a été mal porté.

Fig. 18

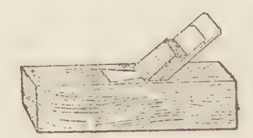


Un outil se rapprochant beaucoup de l'herminette, mais ayant un manche plus petit est employé par les tonneliers. On peut le désigner sous le nom d'*herminette à main* ou *doloire* ; (*fig.* 18) il est manié d'une seule main, tandis que l'herminette exige les deux mains.

L'outil est fixé à la poignée par un étrier en fer.

68. 3° **Outils à corroyer et à planer le bois**. — On range dans cette catégorie les *rabots* (*fig.* 19) dont le fer sert à dresser et à planer les surfaces, ou autrement dit à *corroyer* les bois, ou même à les polir suivant les besoins de leur destination.

Fig. 19



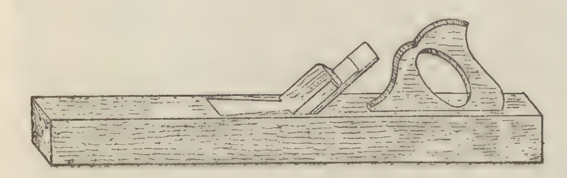
Les *fûts* ou *bois* des rabots doivent être en bois durs et compacts tels que le cerisier, le sorbier, le cormier. C'est généralement ce dernier bois qu'on emploie pour les bons outils. On le remplace quelquefois par le charme par économie. Le fût a la forme d'un prisme rectangulaire percé de haut en bas d'une ouverture, qui, très étroite à la partie inférieure où elle porte le nom de *lumière*, va en s'agrandissant jusqu'à la face supérieure. C'est dans la lumière que passe le fer tranchant et que s'engage le copeau formé. Il se dégage par la partie supérieure qui est plus large pour éviter l'engorgement.

On ménage de chaque côté de l'ouverture deux ressauts destinés à maintenir le coin en bois qui doit tenir fixes le fer et le contre-fer.

Pour dresser de grandes surfaces, on emploie les outils à longue portée, *riflard* et *varlope*. Le *riflard* est un rabot qui tient le milieu entre la varlope et le rabot. On l'appelle aussi *demi-varlope*. Toutefois la demi-varlope porte un fer qui présente un tranchant un peu moins arrondi que le fer du riflard.

La *demi-varlope* a pour objet de compléter ou de parfaire le travail du rabot en enlevant les inégalités que laisse celui-ci dans sa course moins allongée et moins sûre. Puis la varlope (*fig*. 20) achève de planer le bois, si on a soin

Fig. 20

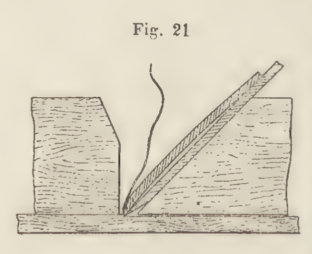


de ne donner que très peu de saillie au fer, et de tenir le tranchant très affilé. Le *riflard* est généralement employé comme outil dégrossisseur. Quand il s'agit de planer, le fer du rabot est droit avec une saillie variable suivant qu'on veut enlever vivement une certaine épaisseur ou donner le poli à la pièce. Pour aller plus

vite, on dégrossit avec un fer légèrement cintré qui permet d'enlever des copeaux plus épais. On se sert de rabots courbes pour les surfaces cylindriques. Le fût présente alors la courbure de la surface.

Le *contre-fer* d'un rabot se compose souvent d'un simple fer posé à plat sur le fer travaillant. Dans les outils plus perfectionnés, on lui donne une forme spéciale (*fig.* 21). Le contre-fer est tenu rapproché ou éloigné du tranchant selon que l'on veut faire des copeaux fins ou gros. On le déplace donc suivant la saillie que l'on donne au fer en dehors du rabot. L'angle du fer tranchant des rabots et des varlopes est de 25 à 30°. La face supérieure du fer fait avec la face inférieure du fût les angles suivants :

Fig. 21



Varlopes, rabots et guillaumes	52°
Demi-varlopes et gros bouvets	48°
Outils à moulures et à demi bouvets . .	57°

Parmi les rabots, on classe les différents outils qui servent à faire les moulures. Ce sont de sim-

ples rabots dont le fût et le fer présentent la forme de la moulure à exécuter. On a ainsi les *doucines*, les *talons*, les *rabots ronds*, les *bouvets*.

Les *bouvets* (*fig.* 22) servent spécialement à faire les assemblages des planches entre elles.

Fig 22

Leur fût présente généralement une partie plane *ab* qui leur sert de guide.

Le *guillaume* (*fig.* 23) est un rabot dans lequel la lumière traverse tout le fût. Il permet donc de travailler une pièce A suivant la section *cad*, ce qu'on ne peut faire avec le rabot ordinaire, puisque le fût empêcherait la progression de l'outil. Le fer du guillaume a la forme d'un T.

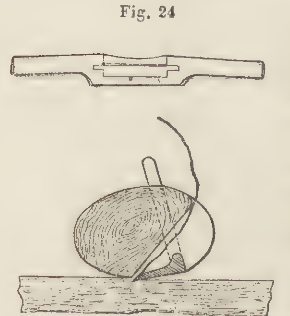
Fig. 23

Nous rangerons aussi dans cette classe un outil d'une forme analogue à la *plane* mais d'un principe complètement différent.

On le désigne sous le nom de *vabstringue*.

Il se compose (*fig.* 24) d'un fer tranchant fixé sur un fût en bois prolongé par des poignées.

L'avantage de ce dispositif sur la plane simple est de guider l'outil de telle sorte que le fer ne peut pénétrer dans le bois que d'une quantité fixée à l'avance. On a fait des *vabstringues* avec fer et contre-fer.


Fig. 24

Les tonneliers emploient aussi une espèce de grand rabot fixe sur lequel ils disposent les pièces à travailler. Cet outil est la *colombe* ou *galère*.

La disposition est exactement celle d'un rabot ordinaire retourné et monté sur des pieds. La surface sur laquelle on déplace les pièces doit être parfaitement dressée.

69. 4° **Outils à percer.** — Les outils à percer portent, suivant le cas, le nom de *tarières* ou de *mèches*. Les *tarières* sont plus spécialement manœuvrées à la main au moyen d'une traverse en bois emmanchée dans une douille.

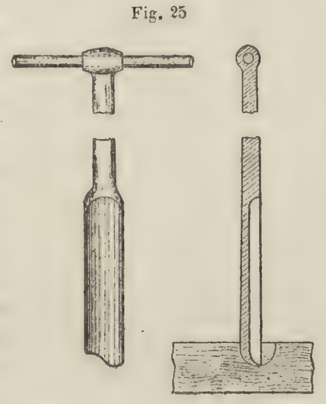
Les *mèches* sont montées soit sur un *vilebrequin*, soit sur une *machine à percer.*

L'extrémité porte un taillant qui, par la rotation de l'outil, découpe la matière au fond du trou à la manière d'un outil tranchant quelconque.

On distingue la *tarière à cuiller* et la *tarière à hélice.*

La *tarière à cuiller* (*fig.* 25) a la forme d'un demi-cylindre évidé portant à sa partie travaillante une portion recourbée en calotte sphérique. Cet outil ne produit pas un excellent travail; sur le pourtour du trou, il arrache les fibres plutôt qu'il ne les coupe, et comme il n'est pas guidé, et qu'il agit d'une façon dissymétrique, la moindre cause peut le faire dévier. Ce défaut peut quelquefois être utilisé pour modifier légèrement la direction d'un trou commencé. Il faut sortir l'outil assez fréquemment pendant le cours

Fig. 25



du travail, pour enlever la moulée qui se tasse dans la cuiller et produit un frottement considérable.

La *tarière à hélice* (*fig.* 26) présente la forme d'une lame tordue en hélicoïde, elle porte à son extrémité inférieure un téton qui lui sert de guide et en même temps produit une traction qui la fait pénétrer dans le bois. Les parties inférieures *bc* et *b'c'* taillent les fibres dans le fond du trou. La moulée se loge dans les vides laissés entre les spires.

Fig. 26

Les trous ainsi percés sont plus réguliers que ceux obtenus avec la tarière à cuiller.

Il est bon d'enlever de temps en temps l'outil pour dégager la moulée.

Fig. 27

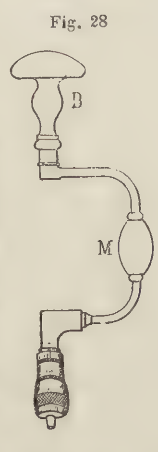


Souvent la tarière à hélice porte deux petits épaulements *dd* (*fig.* 27) qui jouent le rôle de *traçoirs* pour découper les fibres sur la circonférence et empêcher leur arrachement. La surface du trou est ainsi beaucoup plus nette.

Les *mèches* se placent généralement dans un *vilebrequin*.

Le *vilebrequin* (*fig.* 28) sert à produire sur la mèche une certaine pression et à lui communiquer un mouvement de rotation.

Fig. 28

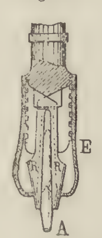


Il se compose d'un fût métallique en forme de manivelle muni à sa partie supérieure d'un bouton B sur lequel on appuie le bras ou la poitrine, et à la partie inférieure d'une encoche où l'on fixe la mèche par une vis de pression.

Une poignée M permet de donner facilement à l'outil son mouvement de rotation.

La monture du vilebrequin peut affecter différentes formes ainsi que le mode de tenue de l'outil.

Fig. 29

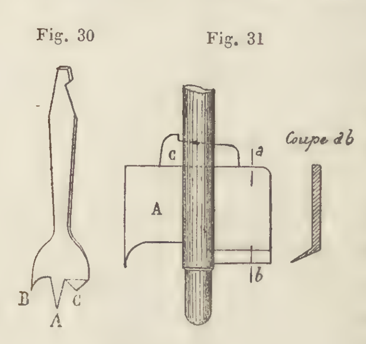


Ainsi, dans la *fig.* 29, le serrage de l'outil A est produit par un écrou E agissant sur deux ressorts RR qui pincent l'outil entre eux.

On distingue : 1° Les *mèches à cuiller* analogues aux tarières à cuiller.

2° Les *mèches anglaises* (*fig.* 30) présentant

une pointe centrale A pour guider l'outil, un traçoir B, pour couper les fibres sur la circonférence, et une partie taillante C pour les dégager du fond du trou.



3° L'*alésoir* ou *tarière à mamelon* (*fig.* 31) espèce de mèche anglaise dont le fer A démontable est maintenu en place au moyen d'une clavette C. On ne peut employer cet outil qu'après avoir percé dans la pièce un trou de la grosseur du mamelon.

Fig. 32

L'avantage des outils perfectionnés, *tarière à hélice*, *mèche anglaise*, *alésoir* est de pouvoir percer du premier coup un trou assez gros qu'il serait impossible d'obtenir avec la tarière à cuiller.

Nous rangerons encore dans cette classe les *vrilles* (*fig.* 32) qui se présentent sous la forme d'un cornet de papier et qui sont meilleures que celles en hélicoïde.

Quelques outils tels que les *forêts* et les *fraises* (*fig.* 33) sont plutôt employés pour le travail des métaux.

Fig. 33



Ils ne servent généralement que pour percer des trous très petits.

70. 5° **Scies.** — Ce que nous allons dire sur les lames de scies, la disposition des dents, la manière dont elles coupent le bois, le travail dépensé dans cette opération, s'appliquera en général aussi bien aux scies à main qu'aux scies mécaniques. Le trait de scie doit avoir une épaisseur un peu plus grande que celle de la lame, autrement, il se produit un frottement latéral qui augmente l'effort et occasionne l'échauffement de l'outil. Ce surcroît d'épaisseur nommé *voie* s'obtient en faisant *dévoyer* du plan de la lame les dents de scie alternativement à droite et à gauche de ce plan.

Nous appellerons spécialement *voie*, l'épaisseur comptée en dehors des dents et qui est à peu près égale à l'épaisseur du trait de scie.

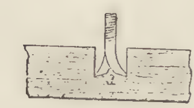
La voie sert en outre au dégagement de la sciure qui se loge partiellement dans les intervalles des dents, tant que celles-ci restent comprises dans l'intérieur du bois, et aussi entre la

lame et les faces du sciage. Le jeu laissé entre ces surfaces doit donc être supérieur à celui qui serait nécessaire pour empêcher simplement le frottement.

Il peut même arriver que certaines dents ne sortent pas de l'épaisseur du bois, et ne peuvent dégager leur sciure que par le jeu précédent.

D'un autre côté, il ne faut pas exagérer la voie, car si elle atteignait plus du double de l'épaisseur des dents, il resterait entre celles-ci un petit filet de bois *a* (*fig.* 34) qui ne serait pas enlevé par les pointes et qui nuirait au travail de l'instrument.

Fig. 34



Il y a d'ailleurs intérêt à réduire la voie au strict minimum pour éviter une perte en matière et en travail mécanique.

Fig. 35



Les *scies à chantourner* (*fig.* 35) qui doivent débiter le bois suivant un trait courbe ont besoin de plus de voie que les autres, pour permettre à la lame de se placer dans une position convenable dans l'épaisseur du trait. Il est très important que les dents aient rigoureusement la

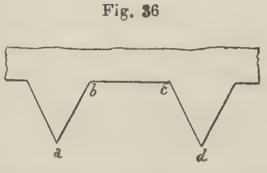
même voie ; si l'une d'elles est en saillie, elle travaille plus que les autres, car elle attaque le bois sur toute la longueur du trait, et elle ne tarde pas à s'user. De plus, le trait a une largeur trop grande, ce qui augmente le travail mécanique, et la scie n'agissant pas d'une façon symétrique tend à dévier de sa direction rectiligne.

La voie doit être plus grande pour les bois tendres et humides, parce que la sciure foisonne plus que dans le cas des bois durs, et qu'elle est plus abondante à chaque coup de scie. Dans les bois très résineux, la sciure s'agglomère et empâte la lame qu'on est obligé de graisser pour en faciliter le fonctionnement.

La voie, pour le bois de chêne, est au plus une fois et demie l'épaisseur de la lame.

71. Intervalle des dents. — L'espacement des dents et la profondeur de l'intervalle qui les sépare doivent être combinés de façon que la dent soit assez résistante, et que l'espace vide ou *gorge* soit suffisamment grande pour loger la sciure produite par chaque dent dans son trajet sur la hauteur de la pièce. On peut cal-

Fig. 36



culer cet espace vide *abcd* (*fig.* 36) en admettant que le volume de la sciure est de 3 à 5 fois celui du bois compact. Désignons par d (*fig.* 37) la distance entre deux pointes, par α l'angle sous lequel la dent attaque le bois ; $d\alpha$ sera la largeur du prisme enlevé par la dent. Si w est la voie, E l'épaisseur de la pièce, le volume du bois enlevé par une dent sera égal au minimum à $Ew\alpha d$; le volume de sciure correspondant sera donc compris entre $3Ew\alpha d$ et $5Ew\alpha d$. La surface du vide entre deux dents sera donc comprise entre $3E\alpha d$ et $5E\alpha d$.

Fig. 37



Pour les bois tendres et les bois résineux, il faut des intervalles plus grands que pour les bois durs ; pour ces derniers, on emploiera donc des dents moins profondes et plus rapprochées. Dans la scie de long des charpentiers travaillant dans du chêne, l'espacement des dents est environ double de leur profondeur et varie de 15 à 25 millimètres.

72. Profil et forme des dents. — Le *profil* de la dent est la projection de son contour sur le plan de la lame.

Les *côtés* de la dent sont les surfaces placées dans le prolongement de celles de la lame.

Les *faces* limitent le profil. Elles ont des inclinaisons variables sur les côtés.

Quand la scie ne travaille que dans un sens, il y a la face avant et la face arrière. L'intersection des deux *faces* d'une dent forme l'*arête* du sommet. Les intersections des côtés et des faces forment les *arêtes latérales*. Cette dernière dénomination s'applique spécialement aux dièdres aigus formés par les plans considérés et dont l'arête forme les *tranchants* des dents.

Le profil et la forme des dents caractérisés par ces divers éléments sont extrêmement variables, et souvent réglés par le caprice plutôt que par des comparaisons et des essais sérieux.

Pour nous rendre compte des conditions rationnelles d'après lesquelles on doit tracer les dents de scie, il faut distinguer le genre de travail auquel ces outils doivent être soumis. Ainsi les *scies de long* doivent débiter le bois suivant la direction des fibres ; les *scies à tronçonner* doivent au contraire travailler perpendiculairement aux fibres, et les *scies de menuisier* travaillent indistinctement dans tous les sens.

Dans les *scies de long*, chaque dent doit agir comme l'outil coupant une pièce par bout, c'est-

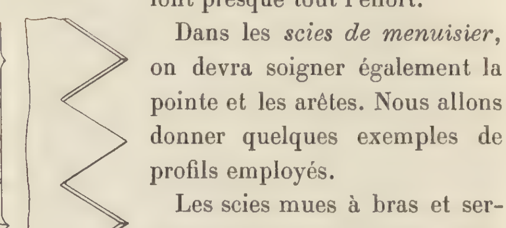
à-dire trancher transversalement des bouts de fibres très petits ; la séparation latérale de ces bouts de fibres des fibres voisines demandera moins d'effort et sera faite par l'arête latérale.

Dans ce cas, la partie qui travaille le plus est l'arête du sommet, et on doit particulièrement veiller à sa forme.

Dans la *scie à tronçonner*, la séparation latérale des fibres a lieu dans le fond du trait de scie, tandis que leur section transversale se fait sur les faces du sciage et sur le côté de la dent. L'arête au sommet peut donc être à peu près quelconque, mais les arêtes latérales doivent être bien tranchantes, puisqu'elles font presque tout l'effort.

Fig. 38



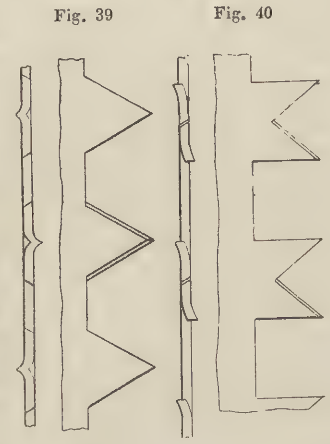


Dans les *scies de menuisier*, on devra soigner également la pointe et les arêtes. Nous allons donner quelques exemples de profils employés.

Les scies mues à bras et servant exclusivement à tronçonner peuvent travailler dans les deux sens. Il suffit pour cela que les dents aient un profil symétrique et l'arête tranchante dans le sens convenable. Un des profils les plus simples

consiste (*fig.* 38) en un triangle isocèle ayant les deux faces d'une même dent inclinées en sens contraire, pour former à l'extérieur deux arêtes tranchantes pouvant travailler chacune dans un sens. L'arête du sommet n'est donc pas perpendiculaire sur les côtés. Il faut avoir soin de dévoyer chaque dent de façon que l'arête tranchante soit extérieure. La scie à bûches est ainsi faite.

Si l'intervalle entre les dents est trop restreinte, en raison de l'épaisseur de la pièce, pour y loger la sciure, on écartera les dents sans changer ni leur angle ni leur profondeur, et en suivant les mêmes règles pour l'inclinaison des faces (*fig.* 39).


Fig. 39 Fig. 40

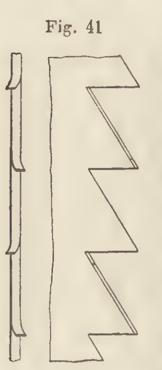
Dans le profil en *dents de loup* (*fig.* 40), chaque dent est taillée suivant un angle rentrant dont les faces sont taillées en biseau pour former les arêtes tranchantes.

Les scies que nous venons de décrire possèdent des profils symétriques et peuvent travailler dans les deux sens.

Les scies qui ne travaillent que dans un sens auront des profils dissymétriques. La face avant sera moins inclinée que la face arrière. Avec cette disposition, l'arête tranchante se rapproche plus de la normale au chemin parcouru, et mord mieux dans le bois pour la marche directe ; au retour, au contraire, l'arête arrière étant plus inclinée ne mord pas dans le bois, et ne gêne pas le mouvement.

La *scie de menuisier* (*fig.* 41) est ainsi disposée.

Fig. 41



Dans les *scies de long*, la pointe de la dent a une importance spéciale, puisqu'elle doit couper les fibres ; il est donc impossible dans ce cas de faire travailler la scie dans les deux sens. Les deux faces de la dent présenteront donc en profil une forme se rapprochant de celle du ciseau dont elles ont la fonction ; celle de l'arrière presque couchée sur le fond du trait de scie, celle de l'avant faisant avec la première un angle qui devrait être assez aigu pour mieux couper, mais auquel on

donne une certaine ouverture pour que la dent ne soit pas trop fragile.

On fera donc la forme plus aiguë pour les scies qui doivent travailler dans du bois tendre, plus camarde et plus robuste pour les bois durs.

On prend un profil intermédiaire quand on doit travailler dans des bois de toute espèce. Les plans des faces reçoivent généralement un peu d'obliquité comme dans les scies à tronçonner, mais cette obliquité est moins nécessaire.

Les principaux profils employés sont les suivants.

Un triangle oblique dont la face avant est presque perpendiculaire au trait de scie ou même forme un angle aigu avec lui ; scies des menuisiers (*fig.* 41), scies de long (*fig.* 42), scies mécaniques (*fig.* 43).

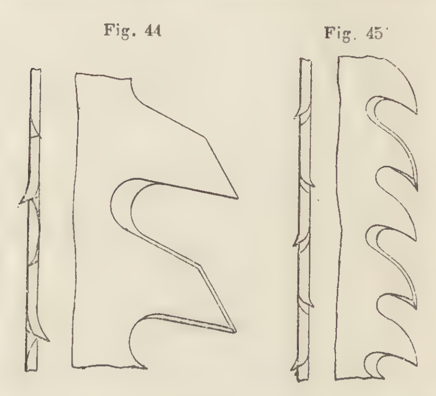
Fig. 42

Fig. 43

Pour donner plus de solidité aux dents, et agrandir l'intervalle entre elles, sans trop augmenter le pas ou distance de pointe en pointe, on creuse

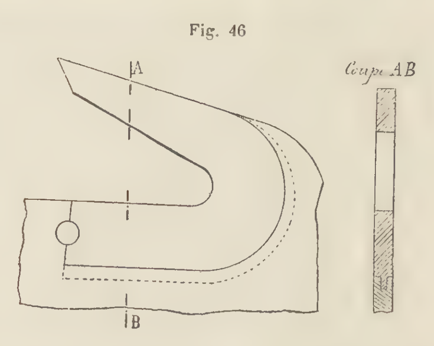
entre elles une gorge et on ouvre un peu l'angle du tranchant. C'est le profil le plus généralement employé pour les scies mécaniques (*fig.* 44).

Fig. 44 Fig. 45



Les dents en forme de *bec de perroquet* (*fig.* 45)

Fig. 46



ont un profil complètement curviligne ; elles ne

peuvent être affûtées à la machine. On les emploie donc seulement pour les scies à bras. Enfin, nous citerons (*fig.* 46) un dernier système où les dents sont mobiles et que l'on peut faire par suite en acier de meilleure qualité. La dent est engagée dans une encoche de la lame où elle est maintenue par un rivet, et par une arête de la dent qui s'emboîte exactement dans une rainure pratiquée dans la lame.

Cette disposition a été surtout appliquée aux scies circulaires dont l'épaisseur est assez grande.

73. Mode d'action de la scie rectiligne. — Les considérations que nous allons développer se rapportent plus spécialement aux scies mécaniques dont le mouvement géométrique est parfaitement défini, mais elles peuvent s'appliquer jusqu'à un certain point aux scies à bras.

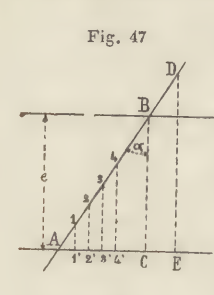
Nous supposerons que la scie ne travaille que dans un sens. Il peut se faire, ou que la pièce de bois ait un mouvement d'avance uniforme pendant que la scie agit, ou qu'elle soit au repos. Dans tous les cas, on n'a à considérer qu'un mouvement relatif de deux objets l'un par rapport à l'autre.

En considérant en particulier une dent attaquant le bois dans le fond du trait de scie, le

chemin parcouru par cette dent doit être oblique sur la direction du trait, car s'il était parallèle, la dent ne mordrait pas et ne produirait aucun effet. Une dent isolée pourrait cependant scier à la condition d'être en prise au commencement du mouvement, elle détacherait alors un petit prisme d'épaisseur uniforme à la manière d'un fer de rabot. Si plusieurs dents se trouvaient placées derrière celle là, elles ne produiraient aucun effet. Dans de telles conditions, le sciage serait presque impossible. La première condition du sciage est donc que le fond du trait soit incliné sur la trajectoire de la dent.

Nous appellerons angle d'attaque l'angle de ces deux directions, nous le désignerons par α. Il est toujours très faible et n'atteint pas 1°.

Fig. 47



Pour simplifier cette étude, nous supposerons que le mouvement relatif de la lame et de la pièce est une translation uniforme. Il est d'abord évident qu'à chaque instant la ligne de denture pendant qu'elle travaille coïncide avec le fond du trait. Imaginons donc (*fig.* 47) que AB soit cette ligne commune et que la translation de la lame se fasse parallèle-

ment à BC ; ABC est donc l'angle d'attaque α dont la valeur est très petite. Prenons en outre comme on le fait ordinairement sur les scies mécaniques, BC perpendiculaire aux faces de la pièce dont l'épaisseur est e.

En supposant une lame de longueur indéfinie, toutes les dents distribuées entre A et B, en 1, 2, 3, 4, découperont dans le bois à partir de l'instant considéré les petits trapèzes $11'$ $22'$ $33'$; en traversant la pièce, les diverses dents enlèvent donc des prismes identiques dont l'épaisseur m est égale au pas de la denture d multiplié par α (d distance entre les extrémités de deux dents).

$$m = \frac{1}{3} \text{ ou } \frac{1}{2} \text{ millimètre} \qquad m = \alpha d.$$

Si nous prenons AD ou DE égal à 1 mètre, l'avance pour un mètre parcouru par la scie sera égal à α.

Si, maintenant, nous considérons une lame dentée sur une longueur l et ayant une course limitée c, l'avance pour cette course sera : $a = c\alpha$ et la longueur l devra être au moins égale à la course plus l'épaisseur de la pièce. Dans ces nouvelles conditions, les diverses dents

ne travaillent pas également. Soient (*fig.* 48) AB = e, BC = c, AC = l ; au haut de la course la lame est en AC ; et au bas de la course en C′A′.

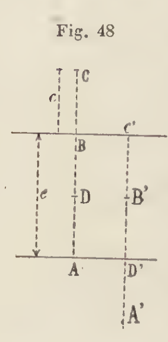


Fig. 48

On voit que les dents C et A arrivent juste à affleurer la pièce, celles qui sont comprises de B′ en D′ la traversent chaque fois complètement. Les dents situées en dehors de ces limites, et placées symétriquement de chaque côté de la région BD, travaillent également et proportionnellement à leur distance à C et à A, et l'usure va en décroissant de cette région jusqu'aux extrémités.

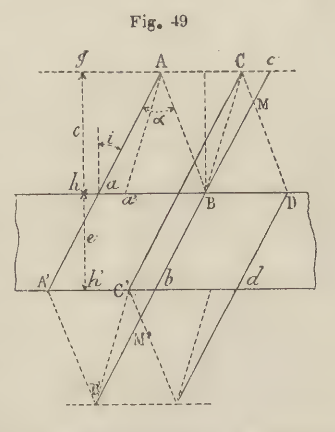
Quand l'épaisseur est plus petite que la course, toutes les dents sortent donc de la pièce, ce qui est une bonne condition pour le dégagement de la sciure.

74. Action de la scie alternative. — Etudions maintenant le fonctionnement exact de la scie, en supposant pour cette dernière un mouvement pendulaire produit par une bielle et une manivelle, et pour la pièce de bois, soit une avance constante uniforme, soit une avance intermittente.

1[er] *cas.* — La pièce de bois est horizontale et avance uniformément ; la scie a un mouvement vertical pendulaire et sa denture est un peu inclinée. En réduisant la pièce de bois au repos, nous aurons le mouvement relatif de la scie ; chaque point décrira une sinusoïde de hauteur égale à la course, et d'une amplitude égale à l'avance a par mouvement complet de la scie. En raison de la petitesse de cette avance, nous pourrons confondre pour un instant la sinusoïde avec une série de droites en zig zag ABCD (*fig.* 49).

Soient hh' l'épaisseur e de la pièce, hg la course c ; si nous menons par A une droite parallèle à la direction de la lame, la partie de cette lame qui pénétrera dans le bois sera AA′, et la trajection du point A sera ABCD. Pendant la descente, la lame va de AA′ en BB′, la surface parcourue dans le bois est donc aBbA′, et au bas

Fig. 49



de la course, le fond du trait est Bb ; pendant la montée, la lame va de BB′ en CC′ ; on voit par conséquent qu'elle se dégage du fond du trait, et qu'il se produit un *recul* de la quantité bC′. Ce recul est indispensable pour que les dents ne rencontrent pas le bois à rebours, et pour que la sciure puisse se dégager.

La lame en redescendant ne commence à attaquer le bois que quand elle est arrivée en MM′, de sorte que l'espace réellement scié est BDbd et a pour épaisseur l'avance, et que la partie de la lame qui travaille est seulement bM, c'est-à-dire est moindre que l'épaisseur, plus la course.

Pour qu'il y ait du recul, il faut que l'inclinaison i de la ligne de denture Aa soit plus grande que celle Aa' de la sinusoïde ou bien : $i > \frac{a}{2c}$ en confondant les arcs avec les tangentes. Le recul est alors : $\rho = ci - \frac{a}{2}$ et l'angle d'attaque $\alpha = i + \frac{a}{2c}$. La longueur utile de la denture bM, comptée en dessous du point le plus haut de la lame qui pénétre dans le bois, est

$$e + c\,\frac{a}{\rho + a}.$$

Pour des bois moyennement durs, on prend $\frac{a}{c} = 0,005$. M. Sautreuil, dont les scies sont à avance constante, établit les lames en leur donnant une pente sur la course égale à l'avance par mètre, par suite

$$i = \frac{a}{c},\ \rho = \frac{a}{2} \quad \text{et} \quad \alpha = \frac{3a}{2c}.$$

Il en résulte qu'avec la valeur $\frac{a}{c} = 0,005$ l'angle d'attaque serait 0,0075 ou environ $\frac{1}{2}$ degré; la longueur utile de la denture devient $e + \frac{2}{3}c$.

Si la pente de la denture est trop grande, le recul est considérable, et la lame ne commence à travailler que quand elle est beaucoup descendue, de sorte que les dents du haut seules fatiguent ; de plus, l'angle d'attaque a une grande valeur, ce qui augmente la difficulté et la dureté du sciage.

Si la pente et, par suite, le recul sont insuffisants, les dents crochent dès le commencement de la course descendante, et, comme à ce moment leur vitesse relative est horizontale, elles pénètrent normalement dans le bois, en produisant des ébranlements violents. Dans ce cas, les dents

de la partie inférieure s'usent plus bas que le point *b*. On peut donc reconnaître à l'usure des dents qu'une lame n'a pas l'inclinaison convenable. On voit d'ailleurs que dans le cas que nous considérons, d'une avance constante pour la pièce avec un mouvement pendulaire pour la lame, si on peut empêcher les chocs à la descente, on ne les empêche jamais d'une façon complète au commencement de la montée, puisqu'à ce moment les dents sont en contact avec le fond du trait.

2me *Cas.* — L'avance du bois est intermittente, mais elle peut se faire pendant la montée ou pendant la descente de la scie. Si l'avance se fait pendant la descente, on est dans des conditions analogues à celles de l'avance continue, avec cette différence que le mouvement relatif est figuré par une série de droites alternativement inclinées et verticales (*fig.* 50).

Fig. 50

L'angle d'attaque $\alpha = i + \frac{a}{c}$ est, dans ce cas, plus grand que précédemment ; on peut donc diminuer la pente de manière à ramener α à une valeur convenable. Si l'avance se fait pendant la

montée (*fig.* 51) la pièce de bois est immobile pendant que la scie travaille ; il faut donc que la scie ait une inclinaison précisément égale à l'angle d'attaque que l'on désire obtenir, c'est-à-dire plus grand que dans les scies Sautreuil. On voit que pour qu'il y ait recul, il faut que la pente soit plus grande que $\frac{a}{c}$. On trouvera facilement, comme nous l'avons fait plus haut, la valeur du recul et de la longueur utile de la denture.

Fig. 51

Dans les scies Normand (*fig.* 52), l'avance se produit pendant le dernier quart de la course ascendante. La pente est de 0,007.

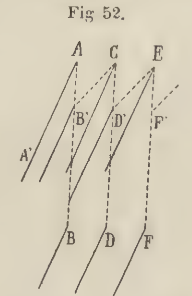


Fig 52.

75. Avance au sciage. — L'avance du bois par coup de scie ou mieux le rapport de l'avance à la course ne peut être déterminé que par l'expérience.

On doit évidemment chercher à rendre ce rapport aussi grand que possible, mais ne pas at-

teindre le point où la lame fatigue trop et s'échauffe. On peut adopter les valeurs suivantes de $\frac{a}{c}$:

Pour l'orme tortillard, le frêne et d'autres bois très durs	0,0015 à 0,0025
Orme ordinaire, noyer, hêtre, etc. .	0,0030
Chêne de dureté moyenne	0,0035
Bois blancs	0,0050
Sapin	0,0055

Ces valeurs conviennent aux bois assez secs et d'épaisseur moyenne. Pour les bois minces, on peut les augmenter et pour les pièces ayant plus de 0^m60, les diminuer un peu. Dans le sciage des bois humides, on peut augmenter ces rapports du $\frac{1}{5}$ de leur valeur. Pour produire le plus de travail dans un temps donné il y a avantage à augmenter la vitesse de l'outil, tant que la lame ne s'échauffe pas ; mais dans les scies à mouvement alternatif, une autre considération intervient, c'est la question des ébranlements qui résultent de ce mouvement. On peut prendre dans ce cas $2^m,50$ comme vitesse moyenne de l'équipage qui porte l'outil.

Pour les équipages très légers, on pourrai

monter jusqu'à $2^m,30$, pour les lourds, on descendra à $2^m,20$.

Les scies continues, circulaires ou à ruban, ont des vitesses bien plus considérables qui peuvent dépasser 20 mètres par seconde.

76. Résistance au sciage. — La résistance au sciage augmente avec l'épaisseur du bois, mais plus que proportionnellement à cette épaisseur. On conçoit en effet que dans une pièce de bois, les fibres inférieures sont moins appuyées et se désagrègent plus facilement, et qu'elles forment une proportion plus considérable dans une pièce mince que dans une pièce épaisse. En même temps, une plus grande partie de la lame se trouve comprise dans la pièce, et produit un frottement plus considérable par suite du tassement de la sciure. La scie, dans son mouvement, est soumise à deux sortes de résistance : l'une Y dans le sens de la lame, l'autre X dans le sens de l'avance de la pièce.

Le rapport $\frac{X}{Y}$ est analogue à l'inverse du coefficient de frottement. Il augmente quand la voie augmente ; en moyenne, on peut le prendre égal à 0,8.

Genre de Scies	$\frac{X}{Y}$	Voie
Outils de scieurs de long	0,825	3mm,75
Grandes scies à dents triangulaires taillées irrégulièrement. . . .	0,930	4mm,50
Scies à main bien affûtées . . .	0,454	1mm,50

La valeur de Y peut se déduire du travail dépensé dans le sciage que nous donnons plus loin.

Boileau donne la formule suivante pour le sapin :

$$\frac{X}{Y} = \frac{AcW}{B - Cm}$$

A, B, C, trois coefficients, c course, W voie, m quantité dont chaque dent mord dans le bois ; nous avons vu que $m = \alpha d$.

La valeur de Y augmente avec m, mais moins vite que la surface débitée ; le travail à dépenser diminue donc quand m augmente, il y a par suite intérêt à forcer le débit tant que la lame ne s'échauffe pas. Y augmente avec W dans le sciage en long, mais non dans le sciage en travers ; cela se comprend, puisque dans le premier cas,

on tranche un nombre de fibres d'autant plus grand que W est plus grand, tandis qu'il n'en est pas de même dans le second cas. Y diminue dans le sciage en long pour une faible quantité d'humidité, et augmente pour une proportion plus forte. Il diminue toujours dans le sciage en travers.

La composante X peut-être représentée par $X = KemW$, e étant l'épaisseur de la pièce. Pour le sciage en long, K est plus fort que pour le sciage en travers dans la proportion de 2,38 à 1.

77. Travail dépensé dans le sciage. — Une lame de scie mécanique bien taillée, travaillant en long dans du chêne sec de 0,25 d'équarrissage environ, et faisant un trait de 3^{mm} à $3^{mm},5$, consomme par mètre carré de surface sciée et par heure 45000^{kmt} mesurés sur la lame. Si on admet un rendement de $\frac{2}{3}$ pour la machine-outil, on voit immédiatement qu'un *cheval-vapeur* sur l'arbre correspond à 180000^{kmt} transmis à la scie, et par conséquent doit produire 4 mètres carrés de surface sciée par heure.

Le travail augmente avec l'épaisseur et peut être représenté pour une voie de $3^{mm},5$ dans du

chêne sec, par :

$$T = 82000\, e + 24850$$

e est exprimé en mètres.

Si l'on veut tenir compte de la voie de la scie, on doit écrire :

$$T = \left(82000\, e + 24850\right) \frac{W}{3{,}5}$$

mais cette formule n'est pas absolument exacte au moins pour les bois résineux.

Dans le sciage à main, le trait étant plus faible, la dépense de travail est moindre. Poncelet a trouvé 31000^{kmt}, sur du bois très sec et très dur, pour une pièce de $0^{m},24$, d'équarrissage et pour une voie de $1^{mm},5$. Quand l'équarrissage atteint $0^{m},60$, la production est réduite aux $\frac{2}{3}$.

La production dans le bois de sapin est une fois et demie ce qu'elle est dans le chêne.

Le sciage en long dépense plus de travail que le sciage en travers ; dans le chêne, le rapport est de 1 à 0,8.

Le bois humide se scie plus facilement que le bois sec. D'après les expériences faites à Metz par Poncelet, le travail à dépenser pour différentes

essences serait donné par le tableau suivant où la dépense pour le chêne est prise pour unité.

Espèces de Bois	Travail dépensé pour des bois secs	Rapport de la dépense du bois vert au même bois sec
Chêne	1,00	0,66
Frêne	1,76	//
Orme.	1,15	0,70
Noyer	1,15	0,70
Bois blanc	0,88	0,69
Sapin.	0,66	//
Orme tortillard . . .	2,75	//

78. Effort moyen sur l'ensemble des dents en prise. — D'après ce que nous venons de voir, il est facile de calculer l'effort moyen sur l'ensemble des dents en prise. Supposons qu'on ait à débiter une pièce de pin ordinaire de $0^{m},40$ d'épaisseur, par une scie ayant une voie de $2^{mm},5$, une avance de 4^{mm} et une course de $0^{m},70$.

Le travail à dépenser par mètre carré est :

$$T = \left(82000 \times 0,40 + 24850\right) \frac{2,5}{3,5} \times 0,88 = 30238^{kmt}$$

La surface débitée à chaque descente de la scie est :

$$S = 0,40 \times 0,004 = 0^{m^2}0016$$

Le travail du sciage par coup est donc

$$26238 \times 0,0016 = 58^{kmt}$$

environ, et comme la course est de 0,70, l'effort moyen sur l'ensemble des dents en prise est :

$$f = \frac{58}{0,70} = 83^{kg} \quad \textit{environ.}$$

Il faut bien remarquer que les chiffres donnés plus haut n'indiquent que le travail du sciage, et non le travail de la machine motrice.

Lorsque plusieurs lames sont montées sur la même machine, la quantité de travail à dépenser par mètre carré *mesurée sur l'arbre*, diminue, puisque les résistances passives de la machine varient peu avec le nombre des lames. Avec 4 lames, le travail par mètre carré est les $\frac{2}{3}$ de ce qu'il est avec une seule lame.

79. Evaluation de la puissance motrice d'une scierie. — Pour déterminer la puissance

en chevaux que doit transmettre une machine motrice conduisant une scierie, il faut, aux données numériques que nous avons indiquées précédemment, joindre la connaissance du travail dynamique absorbé par les frottements du mécanisme et les autres pertes.

Les causes de ces dernières pertes sont, dans les scieries à mouvements alternatifs, l'inertie des pièces oscillantes, les secousses et les vibrations imprimées à tout le système ; dans les scieries circulaires, ces secousses sont très faibles à cause de la continuité du mouvement, et elles agissent sur une moins grande masse de matière ; en outre, l'action de l'inertie est plutôt favorable que nuisible au travail. D'après les observations du colonel Gosselin et celles de Boileau, on peut évaluer les pertes précitées aux 55 % du travail dynamique mesuré sur l'arbre de transmission, en supposant bien entendu les machines en bon état et bien entretenues. Ceci s'applique à une scierie à une lame. Si l'on monte quatre lames sur le même châssis, les pertes ne seront plus que le $\frac{1}{3}$ environ du travail moteur.

Quant aux scieries circulaires menées par une courroie et fonctionnant dans de bonnes conditions, on peut admettre que les pertes absorbent le $\frac{1}{3}$ du travail moteur transmis à l'arbre sur

lequel est placé le premier tambour de la courroie.

Cela posé, soit T_s la quantité de travail en *kmt* qu'exige le sciage de chaque mètre carré des matériaux les plus durs que la machine devra débiter, T_m le travail moteur qui doit être transmis par seconde à l'arbre de couche de la scierie.

E la plus grande épaisseur des pièces à débiter, l la longueur du trait de scie par minute, n le nombre de lames qui travailleront simultanément dans la même pièce.

S la somme des surfaces de trait de scie débitées par seconde, K la somme des valeurs de la proportion des pertes qui convient à la disposition adoptée et au nombre des lames engagées. Le travail moteur employé pour débiter la matière sera représenté par ST_s et celui qui sera absorbé par les frottements et autres causes de pertes sera KT_m, de sorte que

$$T_m = ST_s + KT_m$$

équation d'où l'on tire

$$T_m = \frac{ST_s}{1 - K}.$$

La puissance à transmettre à l'arbre de couche exprimée en chevaux sera $\frac{T_m}{75}$.

Pour calculer S, il suffit de remarquer que chaque lame débitera par minute une surface de trait égal à El et que par conséquent

$$S = \frac{nEl}{60}.$$

Application. — Cherchons la puissance motrice à transmettre à l'arbre de couche d'une scierie destinée à débiter des bois de chêne de fort équarrissage et de dureté moyenne.

Nous adopterons une course de $0^m,70$, puisque les bois sont de fort équarrissage, et nous prendrons le rapport $\frac{a}{c} = 0,0035$. Cette valeur est peut-être un peu forte, mais il vaut mieux avoir un excès de force que de se trouver en dessous du travail à accomplir.

Supposons d'abord que la scie ait une seule lame, et travaille dans du chêne sec de $0^m,50$ d'épaisseur.

Nous admettons une voie de $3^{mm},5$, une vitesse de 120 tours par minute, ce qui correspond à $2^m,80$ de vitesse moyenne du châssis.

Le travail nécessaire au débit d'un mètre carré sera :

$$T_s = 82000 \times 0,50 + 24850 = 66850^{kmt}$$

Par seconde, la lame unique débite une surface de :

$$S = \frac{120}{60} \times 0,50 \times 0,70 \times 0,0035 = 0^{m^2},00245$$

Le travail par seconde est donc de

$$ST_s = 65850 \times 0,00245 = 161^{kmt}3$$

Le travail moteur sera donné par la formule

$$T_m = \frac{ST_s}{1 - K} = \frac{161,3}{0,45} = 360^{kmt} \text{ environ}$$

La puissance en chevaux absorbée par l'arbre moteur sera donc $\frac{360}{75} = 4^{ch}8$.

Si l'on employait quatre lames montées sur le même châssis au lieu d'une, on pourrait admettre que la valeur de R n'est plus que $\frac{1}{3}$ au lieu de 0,55 ; la surface sciée et par conséquent le travail du sciage deviendrait quatre fois plus

grande, on aurait donc

$$Tm = \frac{161,3 \times 4}{1 - \frac{1}{3}} = \frac{161,3 \times 4 \times 3}{2} = 968^{\text{kmt}}.$$

La puissance en chevaux à transmettre à l'arbre serait :

$$\frac{968}{75} = 13 \text{ chevaux environ.}$$

Autres formules. — Uhland donne une autre expression empirique de la puissance utile en chevaux. C'est la suivante :

$$T_u = S\left(0,046 + 0,000224 \frac{cw}{a}\right)$$

dans laquelle S représente la surface débitée par heure en mètre carré ; les autres lettres conservent la signification que nous leur avons donnée, et sont exprimées en millimètres. En appliquant cette formule au cas précédent, on trouve pour une seule lame :

$$S = 0,00245 \times 3600 = 8^{\text{m}^2},82$$

$$T_u = 8,82\left(0,046 + 0,000224 \frac{3,5}{0,0035}\right) = 2^{\text{ch}},38$$

Le travail moteur T_m serait en admettant le même rendement que précédemment :

$$T_m = \frac{2,38}{0,45} = 5^{ch},3 \text{ environ.}$$

Pour le cas de quatre lames, on aurait :

$$T_u = 8,82 \times 4\left(0,046 + 0,00024 \frac{3,5}{0,0035}\right) = 9^{ch},52$$

et

$$T_m = \frac{9,52 \times 3}{2} = 14^{ch},28.$$

On voit que la formule de Uhland donne des valeurs un peu plus fortes que celle de Boileau. On remarquera aussi que la formule de Uhland ne tient pas compte de la nature du bois; elle est donc moins complète que la première. Elle doit convenir pour des bois de dureté moyenne.

Pour les scies circulaires, Uhland pose comme force utile :

$$T_u = \frac{Sw}{1000Q}$$

Q étant le volume de bois débité par heure en mètre cube. D'après lui, $Q = 0^{m^3},028$ pour

les bois tendres, 0,014 pour les bois durs. Ceci ne tient pas compte de l'épaisseur des pièces ; pour du chêne sec, d'après les expériences de Gosselin, on a :

$$Q = 0^{m^3},022$$

et par suite

$$T_u = \frac{Sw}{22}.$$

Pour les scies à ruban, la formule de Uhland, concernant le sapin, est :

$$T_u = \left(0,037 + 0,00652\,\frac{V}{v}\right) S.$$

V étant la vitesse moyenne de la lame par seconde ;

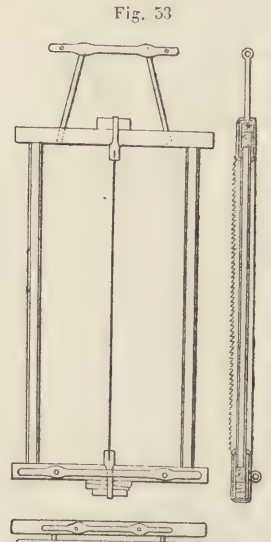
v, la vitesse moyenne de la pièce de bois.

Pour un autre bois, il faudrait tenir compte du coefficient de dureté.

80. Sciage à bras. — Les scies présentent des dispositions très différentes suivant leur destination. La plus importante est la *scie de long* qui sert à débiter des pièces de bois souvent d'un fort équarrissage dans le sens de leur

longueur. Elle se manœuvre à deux ou trois hommes. La pièce de bois est placée sur un chevalet et y est solidement amarrée. Le *scieur* est monté sur la pièce et dirige le travail suivant le trait marqué. Il remonte la scie en l'écartant très légèrement du fond du trait de scie. Les aides placés en bas exercent de haut en bas l'effort nécessaire au sciage. On voit donc que cette scie ne travaille que dans un sens et que son poids vient en aide aux ouvriers qui la manœuvrent.

Fig. 53

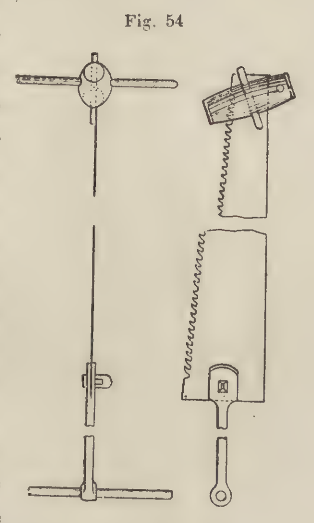


En moyenne, une scie de long bat 30 coups par minute et a une course de $0^{m},80$. Dans du chêne sec et dur de $0^{m},24$ d'épaisseur pour une voie de $1^{mm},5$, trois hommes scient un mètre carré par heure environ, en exerçant un effort moyen de 13^{kg}. La scie de long présente deux formes assez différentes ; dans le premier modèle (*fig.* 53) la lame

est mince et étroite (1 millimètre d'épaisseur sur 80 millimètres de largeur) ; elle est montée dans un cadre en bois muni de poignées en haut et en bas ; on peut tendre cette lame entre les deux traverses au moyen de coins. On prend pour profil, soit le triangle oblique, soit le bec de perroquet.

Dans l'autre modèle appelé *cran* (*fig.* 54) la lame n'a pas de cadre et sa rigidité l'empêche seule de fléchir, aussi est-elle plus épaisse que la précédente et plus large en haut qu'en bas, munie de poignées aux deux extrémités ; elle fait donc un trait plus épais, mais qu'il est plus facile de faire rectiligne. Dans la scie à cadre, il est plus facile de suivre un trait courbe. Le profil des dents est souvent celui de bec de perroquet.

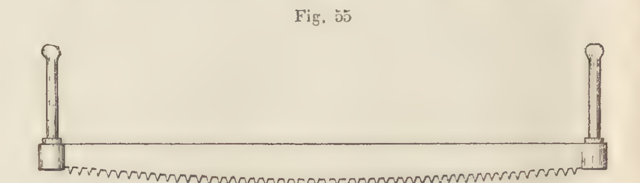
Fig. 54



Dans les travaux de charpente, on emploie

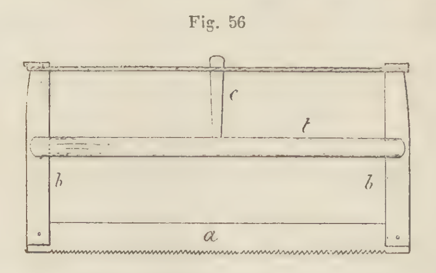
encore le *passe-partout* ou *harpon* (*fig.* 55), qui sert à tronçonner les pièces. Il se compose d'une grande lame assez forte portant une douille et

Fig. 55



un manche en bois à chaque extrémité. Elle est manœuvrée par deux hommes et travaille dans les deux sens. On peut donc lui donner les profils indiqués pour ce genre de travail. La lame a

Fig. 56



plus de largeur au centre qu'aux extrémités, parce que les dents du centre s'usent le plus rapidement.

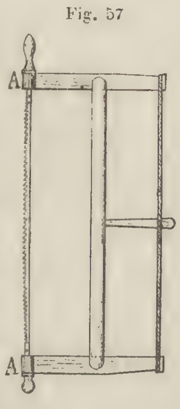
La *scie de charpentier* (*fig.* 56) sert aux

mêmes usages que la précédente ; elle est formée d'une lame *a* raidie par deux bras *b* dont l'écartement est réglé par une traverse *t* qui maintient leurs milieux ; aux extrémités des bras se trouve passée une corde à plusieurs brins qui, au moyen d'une clef *c* sert à produire le serrage par la torsion des brins. Cette scie travaille dans les deux sens. On lui donne différents profils suivant qu'elle travaille dans les bois durs ou les bois tendres.

La *scie à bûches* est identique à la précédente dont elle ne diffère que par les dimensions. Elle est munie d'une poignée sur un des bras.

La *scie de menuisier* présente la même disposition que la scie de charpentier, mais elle ne scie que dans un sens. Le profil des dents doit donc être dissymétrique.

Fig. 57



On emploie encore dans les travaux de menuiserie des scies qui ne travaillent que dans un sens et qui sont la *scie allemande* et la *scie à chantourner* (*fig*. 57) dans lesquelles la lame peut prendre une obliquité variable sur le plan du cadre. Pour cela, elles sont

munies de douilles AA aux deux extrémités de la lame. Cette disposition permet de scier une pièce parallèlement à son grand côté, sur une longueur quelconque, sans être gêné par la monture de l'outil. Dans la scie à chantourner, la lame est très étroite de façon à pouvoir suivre un contour courbe.

La *scie à main* ou *passe-partout* (*fig.* 58) est une lame assez rigide, qui n'est pas montée sur un cadre, mais simplement munie d'une poignée; elle travaille en poussant. Il y en a de plusieurs formes suivant le travail qu'elles doivent effectuer. La scie à main des menuisiers est plus faible, celle des charpentiers, appelée *égoïne* (*fig.* 59) a la lame plus large et plus épaisse.

Fig. 58

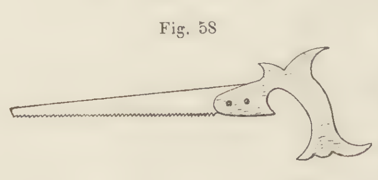
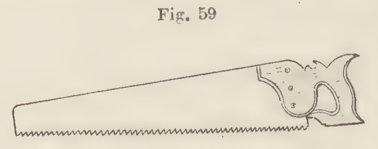


Fig. 59



81. — Avantages et inconvénients du sciage à bras. — Dans tout chantier assez im-

portant pour avoir un moteur mécanique, il y a avantage à remplacer le sciage à bras par le sciage mécanique. Le sciage à la machine est supérieur au point de vue du prix de revient et de la netteté du trait qui n'est pas toujours droit quand on emploie des ouvriers médiocres.

Par contre, la scie mécanique est un outil brutal exposé à se rompre lorsqu'il rencontre un nœud ou une résistance exceptionnelle ; il faut donc lui donner une plus grande épaisseur qu'aux scies à bras, et faire un trait de 3 millimètres à $3^{mm},5$ au lieu de $1^{mm},5$. Il résulte de ce fait un déchet assez considérable surtout dans le débit des planches minces, et un travail mécanique à dépenser un peu plus fort, moitié en plus, mais cette dernière raison a peu d'importance.

De plus, dans le sciage mécanique, le débit du bois se fait d'un seul coup sans tenir compte des fentes ou des défauts ; dans le sciage à bras, au contraire le scieur peut modifier son lignage pendant le cours de l'opération, de façon à tirer le meilleur parti d'une pièce où il rencontre un défaut.

Dans le débit des bordages provenant de plançons un peu courbes, le sciage à bras est avan-

tageux, car il permet de suivre de très près le trait définitif, de façon qu'il ne reste presque rien à enlever à l'herminette. La scie mécanique exige un travail préparatoire, un manœuvrage des pièces et ne donne pas la forme aussi exacte.

CHAPITRE IV

—

MACHINES-OUTILS A TRAVAILLER LE BOIS

82. — Outillage d'une scierie mécanique. — Nous venons de décrire sommairement la forme et le mode d'emploi des principaux outils à main à travailler le bois, il nous faut maintenant entreprendre l'étude des différentes machines-outils employées dans le même but. L'outillage d'une scierie mécanique nous fournira des exemples non seulement de scies mécaniques, mais encore d'autres machines employées dans la menuiserie, la poulierie, etc. Nous n'aurons donc pas besoin de faire l'étude particulière de ces ateliers, et le chapitre que nous

commençons comprendra l'étude générale des diverses machines à travailler le bois.

L'outillage d'une scierie mécanique comporte :

1° Des scies mécaniques servant à divers usages : scies rectilignes, circulaires, sans fin ;

2° Des machines à travailler le bois à la surface ;

3° Des machines diverses.

Dans la première classe, nous rangerons :

a. Les machines à scier plan ;
b. 〃 à scier cylindriques (scies à plançons) ;
c. 〃 à scier gauche ou à chantourner ;
d. 〃 à délaiser les bordages ;
e. 〃 à refendre les madriers.

Les scies les plus répandues dans les grands chantiers proviennent des ateliers de M. Normand et de M. Sautreuil ; on trouve aussi des scies Périn, Arbey, etc.

Pour n'avoir pas besoin d'y revenir à chaque nouveau système, nous allons décrire les mécanismes servant à donner l'avance aux pièces de bois ; nous dirons ensuite quelques mots de la disposition des châssis porte-scies, et des volants

et contre-poids employés pour régulariser le mouvement. Nous parlerons du mode de conduite du châssis dans l'installation générale d'une scierie mécanique.

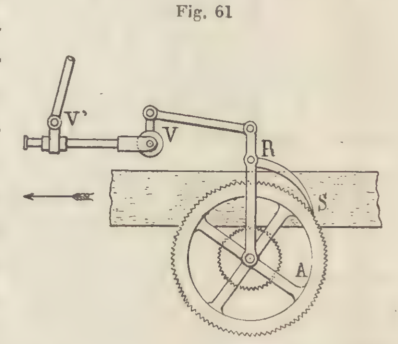
83. Moyens mécaniques employés pour donner l'avance. — L'avance est donnée à la pièce par des rouleaux cylindriques sur lesquels elle repose. Ces rouleaux reçoivent leur mouvement de la machine, et pour éviter ou diminuer le glissement, on les munit de cannelures suivant les génératrices. En outre, des rouleaux compresseurs appuyés par des contre-poids viennent porter sur la pièce et augmenter son adhérence avec les rouleaux entraîneurs. Ces dispositions sont très bonnes, et les relevés faits montrent que le glissement peut dans ces conditions être considéré comme nul.

Fig. 60

Dans les scies à avance continue et uniforme, il est facile d'imaginer un mécanisme qui communique (*fig.* 60) le mouvement de l'arbre moteur A, par l'intermédiaire de roues dentées D, D_1, et de vis sans fin V, V_1, à un ou plusieurs rouleaux entraîneurs tels que R.

Dans les scies à avance intermittente, le mouvement des rouleaux est produit (*fig.* 61) par un pied de biche RS qui, à chaque mouvement de la scie, fait tourner d'un certain nombre de dents la roue dentée A fixée sur l'axe du rouleau entraîneur. Le système permet d'ailleurs de faire varier la longueur du bras de levier VV', et par conséquent l'avance de la quantité voulue.

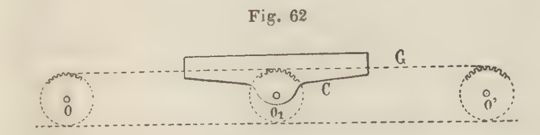
Fig. 61



Dans certaines scies construites par M. Arbey, la pièce est fixée sur un chariot C (*fig.* 62) ; le mouvement est donné à ce chariot, qui se déplace sur des rails, au moyen de chaînes de Gall

sans fin G, qui s'enroulent sur deux roues dentées à axe fixe O et O′, et passent en outre sur une roue dentée O_1 portée par le chariot. Un mouvement de rotation intermittent est donné à l'une des roues O, au moyen d'un système analogue au précédent. Cette disposition est surtout em-

Fig. 62



ployée dans le cas du débit des madriers en planches droites.

Dans d'autres scies Arbey, le mouvement est donné par des rouleaux entraîneurs, mais ces rouleaux sont à axe vertical et actionnent la pièce par côté.

84. Châssis porte-lames. — Ces châssis peuvent être construits en bois, en fer forgé ou en fonte. Dans les scieries des arsenaux, les châssis sont généralement en fer.

Comme pour toutes les pièces animées d'un mouvement alternatif, il y a intérêt à les faire aussi légers que possible afin de diminuer les effets de l'inertie. Navier a posé comme règle, de

donner au châssis et aux pièces qui oscillent avec lui, un poids ϖ égal à la moitié de la résistance moyenne que le bois oppose à l'action des dents. Cette règle a pour but d'égaliser les travaux pendant la course montante et la course descendante de la scie.

En effet, pendant la descente, la résistance que la puissance motrice doit vaincre se compose :

1° De la résistance Y que le bois oppose à l'action des dents, et des frottements F du mécanisme.

Elle est diminuée par le poids ϖ du châssis qui aide le mouvement.

Dans la course ascendante, au contraire, la résistance se compose de ce poids ϖ et des frottements F, qu'on peut supposer les mêmes. On aura donc la condition :

$$Y + F - \varpi = F + \varpi$$

d'où

$$2\varpi = Y \quad \text{et} \quad \varpi = \frac{Y}{2}.$$

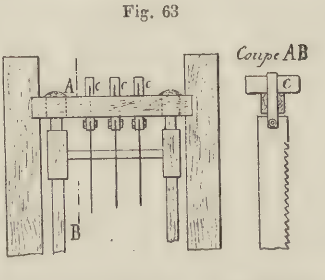
Dans un exemple précédent, où nous avons trouvé que l'effort moyen sur les dents était de 83 kilogrammes, on devrait donner à ϖ une valeur voisine de $41^{kg},500$.

Cette condition s'accorde en général avec celle de la légèreté du châssis ; il y aurait donc lieu de construire les châssis en bois, matière qui a en outre l'avantage d'atténuer les vibrations, ou encore, de faire, comme l'ingénieur Brunet à Woolwich, des châssis en fer creux remplis de bois. Ces dispositions ne peuvent pas toujours être suivies, car la quantité Y est très variable avec le travail de la scie, et de plus, il est nécessaire de donner au châssis une rigidité suffisante, pour que ses traverses résistent à la tension des lames, évaluée pour chacune d'elles à environ dix fois la résistance Y.

Le poids des châssis est donc, en général, plus grand que ne l'indique la formule, d'autant plus qu'il faut y comprendre le poids des bielles.

La *fig.* 63 représente la disposition d'un châssis porte-lames d'une scie Sautreuil. Elle montre en même temps la manière dont les lames sont fixées et tendues. La tension est obtenue en frappant sur les cales *cc* qui passent dans les brides supérieures,

Fig. 63



et qui s'appuient sur la traverse. Cette manière d'opérer peut sembler défectueuse, puisqu'elle expose les lames à des vibrations et à des chocs, et on serait tenté d'employer des vis pour produire une tension bien déterminée. Il est nécessaire cependant de conserver les cales, pour éviter que les ouvriers ne donnent aux lames une tension exagérée qui pourrait les fatiguer.

85. Course du châssis. — L'avance dépendant de la course, il y a intérêt à augmenter celle-ci pour obtenir, avec le minimum d'oscillations, la plus grande longueur de trait possible. Mais, comme la bielle doit avoir une longueur environ cinq fois plus grande que la manivelle, la course se trouve nécessairement limitée. Enfin, le dégagement de la sciure exige que la course soit peu différente de l'épaisseur des plus grosses pièces à débiter. Dans l'établissement des grandes scieries, on pourra adopter une course de $0^{m},70$.

86. Volant. — Le mouvement du châssis, même dans les conditions de légèreté fixées par Navier, et l'inégalité de résistance des couches ligneuses, exigent l'emploi d'un volant sur l'ar-

bre de rotation. Ce volant doit être aussi léger que possible, pour ne pas augmenter inutilement les frottements sur les paliers. On diminue le poids en augmentant le rayon. On place généralement ce volant sur l'arbre des manivelles.

Pour les scieries destinées à débiter de fortes pièces, Boileau conseille de donner au volant un diamètre de $1^m,60$ et un poids calculé par la formule :

$$P = \frac{25000}{v^2}$$

v étant la vitesse en mètres de la circonférence moyenne de la jante.

87. Contre-poids. — Le volant seul ne serait pas encore suffisant. Pour équilibrer la différence entre le poids total P du châssis et des lames, et la moitié de la valeur de la résistance, d'après la règle de Navier, il sera bon de fixer à la jante du volant un segment métallique destiné à servir de contre-poids. Le poids Q de ce segment pourra être calculé de la façon suivante :

Soient R le rayon de la circonférence intérieure de la jante, r celui de la manivelle, le

poids qu'il s'agit de maintenir en équilibre est

$$\left(P - \frac{1}{2} Y\right)$$

On aura donc la relation :

$$r\left(P - \frac{1}{2} Y\right) = RQ$$

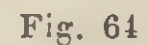
d'où

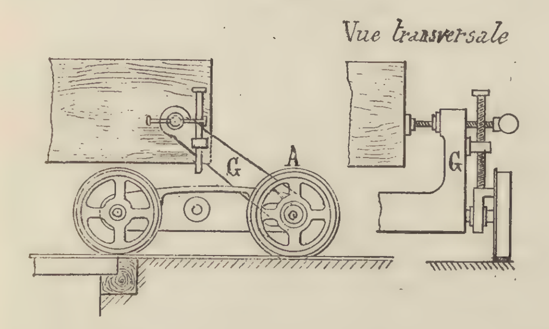
$$Q = \frac{r}{R}\left(P - \frac{1}{2} Y\right)$$

Cette équation ne tient compte ni du poids de la bielle, ni de celui de la pièce d'articulation entre la bielle et le châssis. On pourra donc forcer légèrement le poids P.

Comme la quantité Y varie beaucoup dans le travail des pièces d'essences différentes avec des avances différentes, il sera bon de pouvoir faire varier Q, et pour cela, au lieu de composer le contre-poids d'un seul morceau, de le former de plusieurs pièces superposées, dont on aura à l'avance calculé le nombre pour les différentes phases du travail. En général, deux à trois pièces suffiront ; ce n'est donc pas une sujétion qui puisse faire rejeter cette amélioration.

88. Chariots et moyens employés pour guider la pièce dans son mouvement d'avance. — Un premier système, employé dans les scies Sautreuil dites *à chemin de fer* consiste à soutenir la pièce par un chariot A (*fig.* 64) roulant sur des rails, sur lequel elle est


Fig. 64



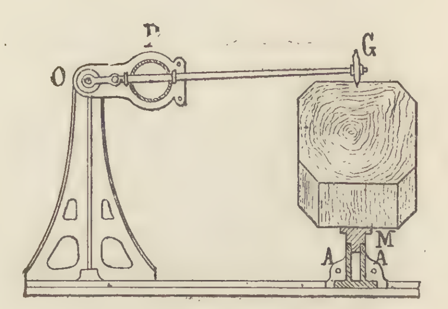
saisie par des griffes articulées GG, qui permettent ainsi le déplacement en hauteur de ses extrémités.

Dans les *scies par côté* du même constructeur, employées pour le débit des bois minces de menuiserie ou d'embarcation, le bois en grume ou équarri est disposé sur un chariot roulant sur des rails ; on le fixe en position convenable contre un châssis, qui peut se déplacer

dans des glissières en queue d'aronde perpendiculaires au chemin suivi par la pièce.

M. Normand emploie pour guider la pièce un dispositif de la plus grande simplicité ; il consiste (*fig.* 65) en une simple bande de fer M

Fig. 65

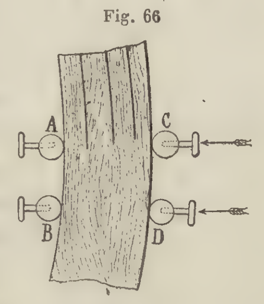


striée à sa partie supérieure, et portant à sa partie inférieure une crémaillère qui lui donne l'avance voulue. Cette bande de fer glisse sur deux lames métalliques AA qui lui servent de guides. La pièce de bois est maintenue solidement appuyée sur le chariot, par des barres de fer munies de galets tranchants G placés à leurs extrémités et appuyés sur la pièce par des contrepoids P. Ces barres sont mobiles autour d'un axe horizontal O.

Ces divers dispositifs ne peuvent être employés que pour le débit des bois suivant des surfaces planes. Quand on est obligé de suivre un trait courbe tracé sur la pièce, ce qui arrive pour le débit des plançons, il faut à chaque instant pouvoir orienter convenablement la pièce, pour que la lame de la scie soit constamment dirigée suivant la tangente au trait à suivre.

Une disposition employée dans les scies Sautreuil consiste à guider la pièce (*fig.* 66) au moyen de rouleaux verticaux A, B, C, D, disposés en avant des lames, deux chaque côté de la pièce. Ceux de gauche AB peuvent être placés, au moyen de vis, à telle distance que l'on veut de l'axe longitudinal ; ceux de droite CD, ont un mouvement transversal analogue. On peut donc orienter la pièce, dans telle direction que l'on veut.

Fig. 66



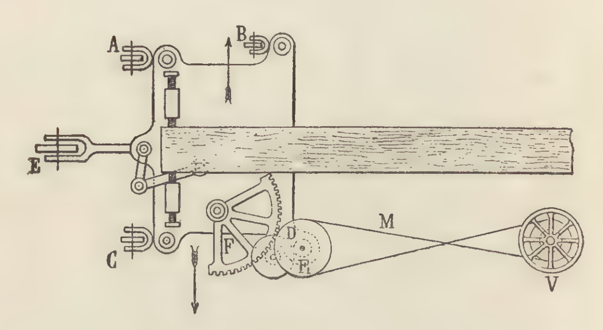
Pour éviter les brusques changements de courbure qui proviendraient de défournis sur les côtés de la pièce, il faut avoir soin de la garnir de lattes en fer contre lesquelles portent les cylindres verticaux. On applique des coins entre

les lattes et la surface du bois dans les défournis.

On voit que si la courbure de la pièce était régulière, une fois le bois en prise, on pourrait laisser la machine travailler seule. En réalité, il n'en est jamais ainsi, et il faut déplacer les cylindres verticaux de temps à autre pour suivre le tracé.

Les scies à plançons de M. Normand ont une


Fig. 67



supériorité incontestable sur celles de M. Sautreuil, et cette supériorité provient, en partie de la facilité avec laquelle la pièce peut être guidée pour suivre un trait courbe quelconque.

Pour cela, elle est maintenue à chacune de ses extrémités sur un chariot dont le mouvement sur un sol uni est possible dans tous les sens.

Ce chariot (*fig.* 67) est porté par cinq roue

A, B, C, D, E ; quatre d'entre elles sont de simples roulettes analogues aux roulettes d'un fauteuil et mobiles autour d'axes verticaux. La cinquième E plus grande, placée en queue, est, à proprement parler, la roue directrice.

On peut, au moyen d'une corde sans fin, et d'engrenages FF_1, donner à cette roue un mouvement d'orientation autour d'un axe vertical.

Ce dispositif permet à l'ouvrier placé près de la pièce de suivre un trait courbe quelconque, en agissant dans le sens convenable sur le volant V. L'appareil sera d'autant plus sensible que la queue du chariot sera plus longue, ou que son poids sera plus grand. Il est indispensable, pour les petites pièces et vers la fin du mouvement, de charger le chariot de gueuses, pour éviter les vibrations dues principalement à l'absence de pression sur la partie supérieure de la pièce. Dans les modèles récents, on a simplifié le système en supprimant la roue de l'arrière, et en affectant au rôle de roue directrice, une des quatre roues d'angle du chariot.

89. Moyens de faire disparaître la sciure. — On se débarrasse automatiquement de la sciure qui ne tarde pas à recouvrir le trait et rend la manœuvre difficile, en installant auprès des la-

mes, à l'endroit où elles pénètrent dans le bois, de petits soufflets mûs par l'appareil, ou encore de simples petits balais de cuir placés à la partie supérieure des châssis, et dont le souffle, dans le mouvement de descente, est suffisant pour chasser presque complètement la sciure.

90. Description des principaux modèles de scie. — Comme l'espace dont nous disposons ne nous permet pas de donner une description de toutes les scies mécaniques qu'on trouve dans les ateliers, nous nous contenterons d'étudier quelques-unes d'entre elles. Nous allons en particulier décrire un modèle de scie établi par M. Normand qui résout toutes les difficultés pouvant se présenter dans la pratique. Nous voulons parler de la *scie à chantourner* ou à *scier gauche.*

Cette machine, destinée à débiter les *faces du droit* des pièces de membrure, doit pouvoir donner à la lame, un déplacement relatif élémentaire résultant de la composition de cinq mouvements différents :

1° Mouvement alternatif vertical ;

2° Avance rectiligne;

3° Rotation autour d'un axe vertical pour suivre le *trait de gabariage* ;

4° Rotation autour d'un axe horizontal pour donner l'*équerrage* ;

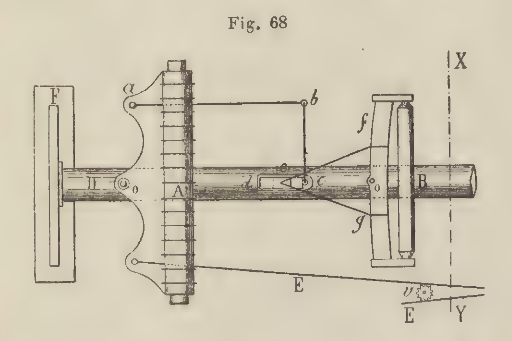
5° Translation horizontal des lames pour se conformer aux variations de la *largeur sur le tour*.

Après avoir été incomplètement résolu par Hamilton et Cochrane, ce problème a reçu une solution définitive dans la scie Normand.

91. Scie à chantourner de Normand. — Pour plus de clarté, nous étudierons successivement le mouvement de la pièce de bois, et le mouvement de la lame.

Mouvement de la pièce de bois. — La pièce repose (*fig.* 68), par une de ses faces planes, sur

Fig. 68



quatre rouleaux dont deux d'entre eux A et B,

sont représentés sur la figure, les deux autres étant symétriques par rapport à l'axe XY ; elle reçoit à chaque instant un mouvement d'avance circulaire autour d'un axe perpendiculaire à ce plan.

Pour que cette avance soit tangente à la lame de la scie, il faut que l'axe autour duquel a lieu le mouvement de la pièce de bois se trouve dans le plan vertical perpendiculaire à la lame, et pour que ce déplacement soit géométriquement possible sans glissement, il faut que les axes des quatre rouleaux, qui sont tronconiques, concourent à chaque instant au même point de ce plan.

De cette manière, le mouvement élémentaire sera obtenu par le roulement du plan de gabariage sur ces quatre cônes de même sommet.

Pour assurer cette convergence constante, les rouleaux sont supportés par les axes OO perpendiculaires à leur plan tangent commun, et autour desquels ils peuvent tourner.

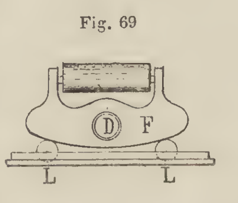
Les rouleaux extrêmes A sont mis en mouvement par les deux bielles à crémaillère EE actionnées par le pignon *v*. Le mouvement se transmet de A à B au moyen de la bielle *ab*, qui agit sur le levier coudé *bcd*, dont le bras *cd* porte une coulisse dans laquelle se déplace un

doigt *e* porté par les tringles *ef*, *eg* solidaires du rouleau B. Les longueurs des bras *ab*, *bc*, etc., sont combinées de telle sorte que, depuis la position où les axes des rouleaux sont parallèles jusqu'à 45° d'orientation, on peut considérer la convergence en un même point comme suffisante.

L'avance est produite par un système analogue à celui représenté (*fig.* 61), agissant sur des rouleaux entraîneurs spéciaux à cannelures longitudinales.

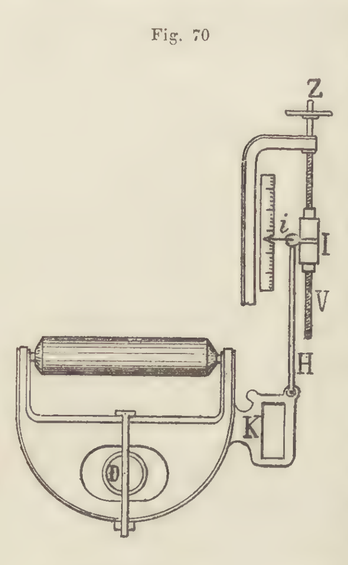
Les rouleaux A portent, au contraire, des cannelures transversales pour empêcher le glissementdans les mouvements d'équerrage. L'équerrage se donne très facilement ainsi qu'on le voit (*fig.*69 et 70). Les axes OO sont montés sur un arbre en fonte D, terminé à ses deux extrémités par une pièce F, affectant à sa partie inférieure la forme d'un contour circulaire roulant sur les galets LL, de telle sorte que l'axe de rotation de la pièce de bois pendant les mouvements d'équerrage passe à peu près par le centre de la section de la pièce par le plan du châssis. Un bras H fixé, d'une part, à une armature K faisant

Fig. 69



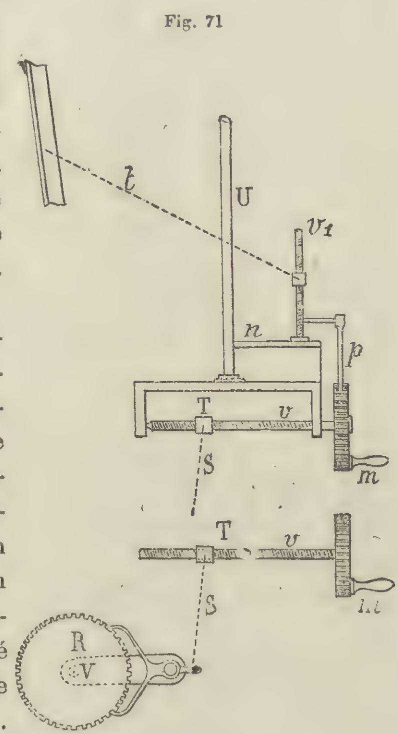
corps avec l'arbre, d'autre part, à un écrou I qui se déplace le long d'une vis verticale fixe V mise en mouvement par le volant Z, permet, comme on le voit facilement, de donner à l'ensemble de l'arbre et des cylindres un équerrage dans un sens ou dans l'autre. Un index *i*, fixé à l'écrou, se déplace devant une règle verticale et donne la valeur de l'équerrage en dégré. Si l'équerrage restait fixe, il suffirait de placer l'index au point voulu et de ne plus déranger le volant Z ; mais, le plus souvent, il n'en est pas ainsi, et l'équerrage varie continuellement ; il faut donc suivre constamment cette variation au moyen du volant Z. M. Normand a imaginé un dispositif qui permet de faire varier automatiquement l'équerrage. Sur l'axe de la vis V, il

Fig. 70



a claveté (*fig.* 71) une roue à rochet mise en mouvement par la tige S, articulée à l'écrou T qui peut se déplacer le long de la vis *v* par le jeu de la manivelle *m*. La vis *v* est fixée dans un cadre suspendu à la tige U. Cette tige reçoit un mouvement oscillatoire d'une certaine amplitude autour de son axe, au moyen d'un excentrique placé sur l'arbre de transmission. On voit immédiatement, que si l'écrou T est juste sur le prolongement de l'axe de la tige U, le mouve-

Fig. 71



ment oscillatoire de celle-ci ne se communique pas à S et, par conséquent, la roue à rochet reste immobile, et l'équerrage ne varie pas. Mais si, par le mouvement de la manivelle *m*, on éloigne T de l'axe, la tige S subit un mouvement oscillatoire d'autant plus étendu que la distance de T à l'axe est plus grande, et ce mouvement se transmet proportionnellement à sa valeur à la roue à rochet R. La variation d'équerrage est donc d'autant plus grande que la distance de T à l'axe est plus grande.

On voit que pour une position donnée de T, la variation d'équerrage est régulière et proportionnelle à l'avance. Cette variation peut atteindre au maximum 8° par mètre dans les scies Normand.

On remarquera qu'à moins de toucher continuellement à la manivelle *m*, le dispositif que nous venons de décrire ne peut servir que pour une variation régulière et proportionnelle à l'avance de l'équerrage. M. Normand a inventé une disposition permettant de faire varier automatiquement l'équerrage suivant une loi plus compliquée.

Pour cela, sur l'arbre U, il place un doigt *n* entraîné dans le mouvement de U, mais libre de tourner autour de son axe. Ce doigt sup-

porte une petite vis v_1 sur laquelle se déplace un écrou relié par la tige t à un point fixe. Grâce à ce dispositif, on peut immobiliser un point de la vis v_1, pendant que sa partie inférieure possède un mouvement oscillatoire déterminé par l'arbre U. En actionnant une roue à rochet fixée sur l'axe de la vis v par un index placé entre l'écrou de v_1 et le doigt n, il est possible de déplacer automatiquement l'écrou T pendant la marche de la machine, et, par conséquent, de faire varier l'équerrage suivant telle loi que l'on désire.

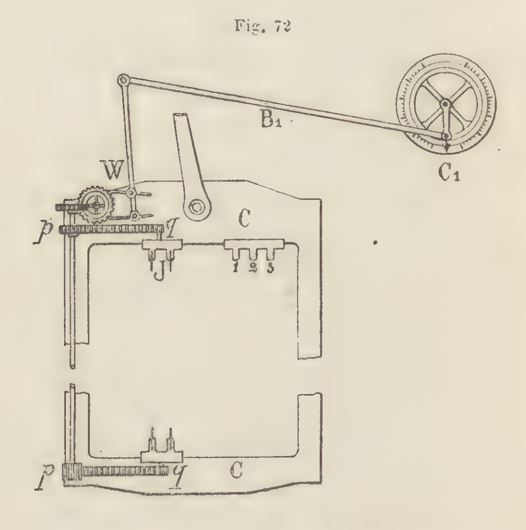
L'expérience a montré, que la machine à chantourner Normand travaille 6 fois plus vite environ que ne le feraient des scieurs de long, en supposant que les réparations soient les mêmes dans les deux cas. Il y a lieu cependant de remarquer qu'il faut, avant de livrer une pièce de membrure à cette machine, inscrire de mètre en mètre les équerrages dans *des sections normales au contour du gabariage*, et non pas les équerrages relevés suivant les lignes d'eau ou les lisses planes.

Le grand modèle de scie à chantourner de Cherbourg admet des pièces de 8 à 9 mètres de long, $0^m,42$ sur le droit, $1^m,10$ d'échantillon et courbure, on peut y débiter les plus fortes pièces

de membrure des vaisseaux. La course des scies est de $0^m,80$ et le nombre de tours de 120 par minute.

Mouvement de la lame. Le système qui sert à produire automatiquement le déplacement de la lame est également très ingénieux.

Fig. 72



Une des lames (*fig.* 72) est fixe, mais peut occuper trois positions distinctes 1, 2, 3, sur le châssis C. L'autre lame mobile J est bandée, à ses extrémités, par des agrafes commandées par

deux crémaillères *qq* et deux pignons exactement égaux *pp*. Un cliquet W, dont on modifie à volonté la course, permet d'imprimer à chaque coup de scie un déplacement transversal proportionné à la variation d'échantillon sur le tour. Cette variation peut atteindre de 10 à 30 millimètres par mètre. On règle cette variation au commencement de l'opération, en plaçant l'extrémité de la bielle B de commande, en un point déterminé d'un cadran C_1 convenablement gradué.

92. Scies circulaires. — Les scies circulaires sont des disques d'acier munis de dents identiques à celles des scies rectilignes. Le mode d'action est à peu près le même et peut d'ailleurs être étudié de la même façon. Sous l'action de la résistance du bois, la lame tend à se gauchir et à fouetter. On combat cet effet qui nuit beaucoup au bon emploi de la scie circulaire en donnant à l'outil une grande vitesse de rotation. La déformation n'a pas ainsi le temps de se produire complètement, et les vibrations n'ont qu'une amplitude restreinte. De plus, l'effort tangentiel est moindre pour le même travail mécanique produit.

On force l'épaisseur de la lame pour lui donner une plus grande rigidité. On atteint 4 et

5 millimètres pour les scies de grand diamètre.

Un constructeur, M. Mangin, a construit des scies de très grand diamètre assez flexibles, mais animées d'une très grande vitesse de rotation, 1000 tours et plus. L'effet de la force centrifuge est de raidir la lame, et d'empêcher ainsi les déformations. Enfin, on réduit le ballottement des scies, en les guidant sur le diamètre horizontal, soit au moyen de touches en gaïac, soit avec des frottoirs en laine ou en étoupes imbibés d'huile et serrés.

La voie doit être plus grande qu'avec les scies ordinaires, pour éviter le frottement qui serait considérable à cause de la grande partie de la surface noyée dans la pièce. L'épaisseur de la lame ε dépend de son diamètre. On peut donner à la voie une valeur égale à $1,9\varepsilon$. Les valeurs de ε sont les suivantes :

Pour des diamètres de	0,20 à 0,30	$\varepsilon = 1^{mm}$
	0,30 à 0,40	$1^{mm},5$
	0,40 à 0,50	$2^{mm},0$
	0,50 à 0,60	$2^{mm},5$
	0,60 à 0,70	$3^{mm},0$
	1,00 à 1,20	$3^{mm},5$

La scie circulaire produit un travail plus coûteux et moins régulier que la scie droite. Le

trait de scie est trop large pour des débits de bois minces. Elle ne peut scier que des surfaces rigoureusement planes. Elle a l'avantage de faire vite, sans interruption, de s'user régulièrement sur la circonférence. L'installation est généralement peu couteuse, et se prête facilement au travail du bois dans toutes les directions.

On l'emploie avec avantage pour ébouter les pièces de charpente. En Angleterre, les scies circulaires sont plus employées qu'en France : on les utilise pour équarrir les bois droits. Elles sont dangereuses pour les ouvriers qui poussent les pièces à la main. On leur fait quelquefois porter des gantelets de fer à articulations.

Les vitesses à la circonférence sont :

15 millimètres pour les bois durs,

20 millimètres pour le chêne moyennement dur,

25 à 30 millimètres pour les bois tendres.

L'avance est les $\frac{3}{1000}$ de la vitesse à la circonférence.

En général, la scie est montée au bout d'un arbre horizontal muni d'un épaulement, dont le diamètre est le sixième du diamètre de la scie ; elle est tenue par de larges coussinets au-dessous d'une table horizontale. On peut munir

cette table d'un guide pour déplacer les pièces à une distance voulue de la lame. La scie circulaire peut encore être montée sur une table dont la moitié qui supporte la scie est fixe, et la moitié qui supporte la pièce est mobile, suivant une direction parallèle au plan de la lame.

Les scies circulaires sont quelquefois à axe mobile. Dans ce cas, l'arbre qui porte la scie se déplace verticalement sous la table dans des glissières au moyen d'une manivelle. De cette façon, on peut ne faire dépasser la lame que de la quantité nécessaire pour le sciage.

On voit qu'à cause de l'épaulement, une scie de $1^{m},20$ de diamètre ne peut scier que des pièces d'une épaisseur maximum de

$$\frac{1^{m},20}{2} \times \frac{5}{6} = 0,50$$

Quand on a souvent à débiter des pièces plus épaisses, on monte deux scies l'une derrière l'autre, la première attaquant la pièce à la façon ordinaire, la seconde l'attaquant à la partie supérieure et un peu en arrière de la première.

93. Scies sans fin ou à ruban. — Les scies sans fin consistent en une lame mince et assez

étroite, qu'on enroule sur deux poulies d'assez grand diamètre, après avoir soudé les deux bouts libres. Un des tambours d'enroulement reçoit le mouvement de rotation. Entre les tambours est placée une table ou plateforme entaillée pour le passage de la lame, et sur laquelle on manœuvre les bois à scier.

La lame d'acier doit avoir une grande flexibilité, et, par suite, une très faible épaisseur variant dans le même sens que le diamètre des tambours. On dépasse rarement 1 millimètre. On peut appliquer ces scies aux travaux délicats et à l'équarrissage des bois en grume, mais elles ne peuvent faire qu'un trait à la fois.

En raison du peu de largeur de la lame, on peut suivre des traits à forte courbure. On donne à la lame une épaisseur un peu plus faible au dos qu'à la denture, et la courbure pourra être d'autant plus grande que la lame sera plus étroite. Les poulies sont à un seul rebord, afin qu'on puisse capeler facilement la lame : la gorge est garnie d'une substance molle comme du cuir, du caoutchouc ou du buffle.

On peut fixer une première bande au moyen de clous et en coller une seconde par dessus.

Le support de la poulie non motrice peut-être élevé ou abaissé de manière à produire la ten-

sion désirable. Il est bon de diminuer la tension quand on cesse le travail, pour éviter la rupture due à la contraction au moment du refroidissement. Lorsqu'une lame se casse, on ressoude les deux bouts. Les dents sont à côtés rectilignes ; l'un d'eux est normal à la longueur de la lame. Le guide-lame placé à l'intérieur de la table est formé d'un morceau de bois coupé par un trait de scie.

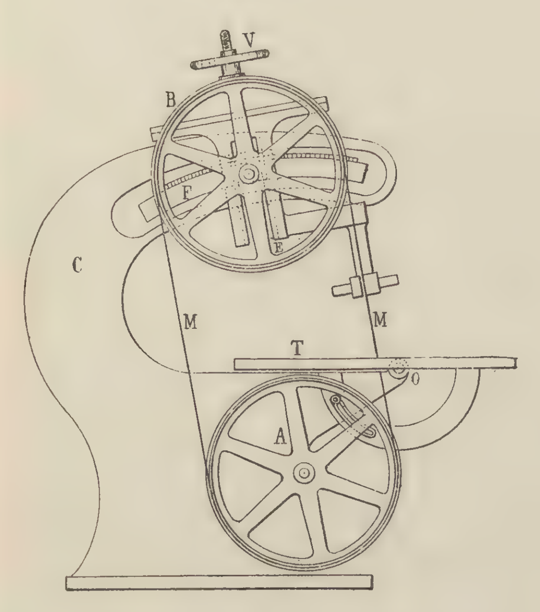
94. Scie sans fin à chantourner de Powis (*fig.* 73). — M. Powis a construit une scie à ruban permettant de chantourner. Une des poulies A est fixe, l'autre B est montée sur un coulisseau qui se déplace dans une coulisse à queue d'aronde sous l'action du volant à écrou V. Ce dispositif permet de donner à la lame une tension convenable. De plus, tout l'ensemble : coulisseau, coulisse E, poulie B, peut se déplacer dans une rainure en arc de cercle F creusée dans le bâti C, et ayant pour centre l'axe de la poulie A.

La pièce est posée sur la table T qui tourne elle-même autour de l'axe O ; on peut ainsi lui donner une inclinaison déterminée par rapport à la lame sans fin MM. Cette scie est surtout commode pour de petites pièces maniées à la

main, mais elle est bien inférieure, pour les



Fig. 73



pièces de grandes dimensions, à la scie à chantourner de Normand.

95. Affûtage des scies. — Lorsque les dents sont émoussées, on leur restitue leur tranchant en les affûtant à la lime ou à la meule.

Les limes employées sont : les tiers-points, les limes plates, rondes, demi-rondes, et les queues de rat (*fig.* 74). Pour affûter, on saisit la lame dans un étau spécial formé par deux mâchoires.

Fig. 74

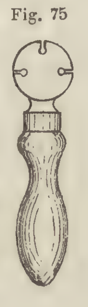
Tiers point — Plate — Ronde — Demi-ronde

L'affûtage à la main est peut-être meilleur que celui à la machine, mais il est très dispendieux.

On affûte généralement aujourd'hui à la machine au moyen de la limeuse Saulnier. Cet appareil comprend des meules faites avec de la poudre d'émeri agglomérée avec de la gomme laque. On leur communique un mouvement de rotation très rapide au moyen d'une courroie agissant sur une petite poulie. Elles font de 800 à 1000 tours à la minute. On peut donner à la meule une inclinaison quelconque autour d'un axe horizontal. Pour cela, les coussinets sont portés sur une mâchoire pouvant tourner dans les deux sens. La meule est constamment maintenue à une distance convenable pour la communication du mouvement au moyen d'un contrepoids.

On dispose, au-dessus de la meule, des manches en zinc avec des ventilateurs, pour chasser les poussières d'émeri et préserver les ouvriers. L'épaisseur des meules varie de 6 à 20 millimètres Leur diamètre ne dépasse pas 28 centimètres.

Fig. 75



On donne la voie des scies soit au marteau, soit avec un *tourne à gauche* (*fig.* 75), instrument en fer qui porte des rainures, permettant d'y introduire une dent,et de l'orienter par une flexion dans la position convenable.

96. Installation générale d'une scierie. — Les machines à scier sont conduites par dessous ou par dessus.

Dans le premier cas, l'arbre à manivelles portant le volant et les poulies, est établi dans une cave sur la voûte de laquelle repose la scierie. Ce système est à peu près général dans les grands établissements industriels.

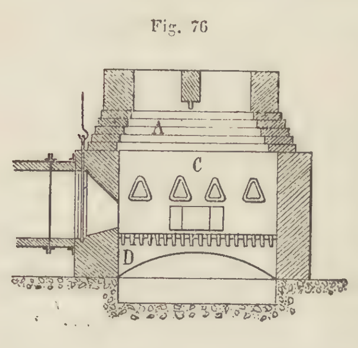
Ce système présente d'incontestables avantages. Au cas où l'atelier serait détruit par un incendie, la transmission peut subsister. Les paliers des arbres n'exigent pas de lourdes chaises, et sont simplement boulonnés dans la maçonnerie. Il n'y a pas de vibrations à craindre.

L'atelier est parfaitement dégagé de courroies; la manœuvre des bois et l'accès des outils sont commodes. Les machines placées immédiatement sur la voûte sont complètement indépendantes de l'édifice. On évite ainsi les chances de dérangement qu'amène le jeu des assemblages, suivant les efforts supportés et les influences atmosphériques.

Le bâtiment peut n'être qu'un simple hangar en bois ou métallique.

Enfin, la sciure de tous les outils est recueillie dans la même fosse, d'où on la dirige vers les chaudières, soit à l'aide de brouettes, soit en la faisant tomber à la partie supérieure d'une toile sans fin mue très lentement par la machine.

Fig. 76



Cette facilité du transport de la sciure offre beaucoup d'intérêt, car un grand nombre d'établissements n'emploient pas d'autres combustibles et maintiennent parfaitement la pression dans leurs chaudières. Il est bon de prendre quelques

dispositions particulières pour la bonne utilisation de ce combustible.

A Toulon, on a disposé (*fig.* 76) un foyer spécial en terre réfractaire contre lequel est placée la chaudière à chauffer qui, elle, est dépourvue de grilles.

La sciure, légèrement humectée, est façonnée en boules grossières, qui sont disposées sur une grille C, formée de très gros barreaux, et ce n'est que lorsqu'elle est déjà très sèche, et en partie carbonisée, qu'elle tombe sur la grille D où elle est brûlée.

A Brest, on brûle la sciure telle quelle ; on a modifié simplement la forme des foyers de la chaudière.

En réalité, on a une écononie très notable à brûler la sciure et les copeaux.

Quand on opère la conduite des scieries par en dessus on est obligé d'établir les arbres à manivelles sur des poutres transversales reliées aux bâtis des scies, par de lourds supports en fonte ou en bois.

On est souvent forcé de prendre des points d'appuis sur la charpente qui absorbe ainsi les réactions d'inertie des pièces.

Les frais de premier établissement sont moins élevés avec ce système qu'avec l'autre.

Comme la variété des types nuit à la bonne installation d'un atelier, les différents constructeurs ont, en général, établi leurs différents types pour la conduite par en dessus ou par en dessous.

Ainsi M. Normand en particulier a étudié ses différentes machines à scier pour la conduite par en dessus ; seulement, il s'est préoccupé également de leur assurer, autant que possible, les avantages des scies conduites par en dessous, en n'empruntant aucun point d'appui à la charpente de l'édifice. Toutes ses machines, montées sur un seul bâti en fonte, possédent une stabilité propre et sont complètement isolées, ce qui les rend précieuses pour les constructions légères.

Une dernière remarque à faire sur les scieries mécaniques, c'est qu'elles doivent être voisines d'une cale de déchargement, de façon à éviter le travail de manutention nécessaire aux grosses pièces.

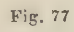
97. Machines à raboter. — Après avoir étudié les principaux rabots à main, nous allons maintenant décrire les diverses machines-outils employées dans les ateliers de menuiserie et de scierie pour le rabotage des grosses pièces. On obtient ainsi un travail plus rapide, moins cher

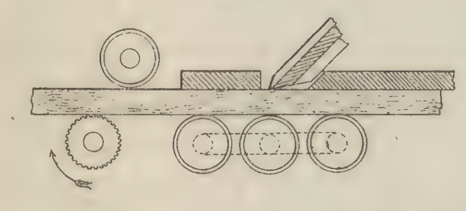
et souvent plus précis qu'à la main. On peut distinguer deux classes de machines à raboter:

1° Les raboteuses dans lesquelles l'outil agit en ligne droite comme la varlope ;

2° Les raboteuses à outils tournants.

98. Raboteuses à attaque rectiligne. — Dans ces raboteuses, le mouvement relatif du fer par rapport à la pièce de bois est parallèle à la surface de celle-ci, et le fer détache un copeau d'une certaine longueur. Ces machines travaillent en un mot comme un rabot ordinaire. Tantôt l'outil est fixe et la pièce se déplace : telle est la disposition de la *fig.* 77 ; tantôt l'outil est


Fig. 77



mobile et manœuvré par un système de bielles et de manivelles, on a alors la varlope mécanique. En général, on donne au fer une certaine obliquité sur la direction du chemin parcouru.

Les raboteuses à outil fixe servent souvent au débit des bois de placage de prix, parce que le déchet est presque nul avec une machine de ce genre, tandis qu'il est considérable avec les scies. Les raboteuses à outils mobiles conviennent pour le dressage des petits bois que l'on peut déplacer à la main, de façon à présenter les différents points de leur surface à l'action de l'outil.

Les deux systèmes présentent d'ailleurs l'inconvénient d'être lents et d'exiger, pour obtenir une surface unie, plusieurs passages de l'outil ; aussi, sont-ils généralement abandonnés aujourd'hui, et remplacés par les raboteuses à outils tournants.

99. Raboteuses à outils tournants. Généralités. — Dans ces machines, les outils au nombre de 2, 3 ou 4, sont fixés sur un porte-outils animé d'un rapide mouvement de rotation. Le nombre de tours est généralement de 1500 à 2000 par minute, mais on l'a, dans certains cas, porté à 5000 et 6000, la pièce parcourant pendant ce temps une longueur de 12 mètres.

Avec ces grandes vitesses, les précautions les plus minutieuses doivent être prises pour éviter les chocs, les vibrations, les échauffements des pièces tournantes qui seront faites aussi légères

que possible, et auront des paliers de grande longueur, dont le graissage devra être bien assuré. Les fers des rabots, lorsqu'ils seront droits, devront être partagés en trois ou quatre parties, placées sur les différentes faces d'un porte-outils triangulaire ou carré, de façon à n'attaquer le bois que sur le tiers ou le quart de la largeur de la pièce. On régularise ainsi le travail de l'outil, en même temps qu'on diminue l'affûtage, si l'un des fers est ébréché par la rencontre d'un gravier ou d'un nœud dur. On supprime d'ailleurs presque entièrement les chocs de l'outil par l'emploi de lames hélicoïdales. La pièce de bois doit être solidement tenue par des organes de pression disposés aussi près que possible du point d'attaque des lames.

L'avance de la pièce peut se faire dans le sens de l'attaque de l'outil, ou en sens contraire. En général, c'est la deuxième solution qu'on emploie, parce qu'elle expose moins l'outil aux ruptures, dans le cas de la rencontre d'un gravier.

L'avance par tour de la pièce de bois ne doit pas dépasser l'épaisseur d'un copeau ordinaire, soit 1 à 2 millimètres. La surface sera d'autant plus unie que l'avance sera plus faible.

L'angle d'attaque, dans les machines françaises,

est généralement le même que celui qui a été reconnu bon pour les rabots à main, soit 45° à 50 ; mais il faut remarquer que le mode d'action des outils n'est en aucune façon le même dans les deux cas ; aussi, peut-il se faire, que cet angle ne soit pas le plus favorable à la bonne utilisation de la puissance. D'après des expériences de l'« Ohio-tool C° » il semble que pour les bois très durs et à grain serré, le meilleur angle d'attaque est de 90°. Il serait intéressant de vérifier ces expériences.

100. Dispositions diverses des raboteuses à outils tournants. — La variété des machines à raboter à outils tournants est très grande, aussi, ne ferons-nous qu'indiquer leurs principales dispositions, et ne décrirons-nous qu'une seule d'entre elles, la *raboteuse Maréchal.*

Tantôt, la machine a un seul porte-outils et ne rabote que la face supérieure ; ou bien, deux porte-outils travaillent à la fois les faces inférieure et supérieure. La distance des axes des porte-outils peut d'ailleurs varier, pour raboter les pièces d'épaisseur différente.

Quelquefois, deux autres porte-outils à axes verticaux permettent de travailler les côtés. Cette disposition donne lieu, le plus souvent, à

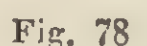
des vibrations qui ne permettent pas d'obtenir une surface bien plane. Elle ne peut servir qu'à *blanchir* la surface. D'autres machines doivent *dégauchir*, c'est-à-dire fournir une surface parfaitement dressée. La pièce de bois est alors solidement fixée sur une table qui se déplace d'un mouvement continu devant le porte-outils. Les raboteuses de ce genre ou à *chariot* présentent plusieurs inconvénients, dont le principal est le poids du chariot, qui peut forcer à diminuer l'avance, et ensuite son retour en arrière qui est une cause de perte de temps. Leur encombrement devient considérable, quand on veut les employer pour de grosses pièces.

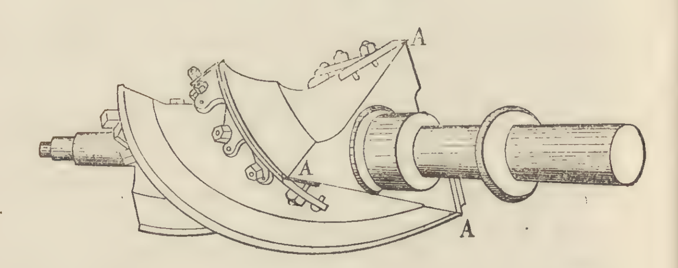
Dans la plupart des cas, l'entraînement des pièces se fait par des rouleaux entraîneurs et compresseurs analogues à ceux des scies. On peut alors pousser sans interruption les pièces les unes à la suite des autres.

101. Raboteuse Maréchal. — La raboteuse Maréchal est à chariot. L'intérêt que présente cette machine provient de la forme particulière donnée à l'outil, qui se compose de deux ou trois lames hélicoïdales disposées à égale distance les unes des autres autour d'un porte-outils spécial. Les lames sont disposées de telle sorte que, lors-

que l'une d'elles abandonne la surface de la pièce, l'autre s'y engage. On obtient ainsi une action absolument continue et qui ne produit aucun choc. De plus, avec la forme hélicoïdale, les copeaux sont rejetés hors de la pièce et ne risquent pas d'engager l'outil.

Une amélioration importante apportée par M. Arbey consiste dans l'emploi, comme fer tranchant, de lames minces en acier de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, planes à l'état naturel, et qu'on vient pincer dans un outil de forme hélicoïdale, (*fig.* 78), en les forçant à épouser cette


Fig. 78



forme. Ces lames sont d'une fabrication facile et peu coûteuse; elles s'affûtent plus aisément que les anciennes, d'une épaisseur de 10 à 15 millimètres, et dont l'affûtage ne pouvait se

faire que par une disposition spéciale de la machine. Ce dispositif consistait à placer l'arbre porte-outils complètement garni, à une distance convenable d'un arbre parallèle, le long duquel se déplaçait d'un mouvement de va-et-vient une meule à affûter. Dans ce mouvement, un doigt, fixé au chariot d'entraînement de la meule, appuyait sur la lame voisine de celle qu'on affûtait, et faisait ainsi tourner le porte-outils de la quantité convenable pour produire, à chaque instant, le contact de la meule et de la lame. Les avantages reconnus des machines hélicoïdales les ont faits adopter presque partout, en remplacement des machines à fers droits.

102. Machines à disque. — On peut encore citer parmi les raboteuses, les machines à disques composées d'un plateau portant les outils, et monté en porte à faux à l'extrémité d'un arbre. Les vibrations de la pièce de bois et des outils font qu'on ne peut guère employer ces appareils que comme outils dégrossisseurs.

103. Travail dépensé dans les machines à raboter. — Uhland donne les formules suivantes pour le travail du rabotage. Pour les

machines à mouvement rectiligne, il indique :

$$T_u = (64 + 78e)\ V \text{ dans les bois tendres.}$$
$$T_u = (80 + 96e)\ V \text{ dans les bois durs.}$$

e est l'épaisseur du copeau en millimètre, V le volume du bois enlevé par heure en m^3.

Le rendement $\frac{T_u}{T_m}$ serait 0,558 environ.

Pour les machines à outils tournants travaillant le sapin, Uhland donne :

$$T_u = \left(2 + \frac{20}{e}\right) V \quad \text{ou} \quad \left(\frac{e + 10}{500}\right) S$$

S étant la surface rabotée par heure. Pour un bois autre que le sapin, il faudrait tenir compte du coefficient de dureté.

La force perdue T_p serait représentée par :

$$T_p = \frac{\Sigma\,(u)}{2900}$$

Σu représente la somme du nombre de tours par minute de tous les arbres de la machine (arbre de transmission, arbre intermédiaire, arbre porte-outils, arbre donnant l'avance).

104. Machines diverses. — La plupart des machines à travailler le bois présentent les dispositions générales des machines à raboter. Nous allons les passer rapidement en revue :

105. Machines à bouveter. — Deux outils tournants à axe horizontal rabotent les faces supérieure et inférieure de la pièce, pendant que deux autres outils à axe vertical façonnent l'un une rainure A, l'autre une languette B (*fig.* 79).

Fig. 79

A B

Ces outils rentrent dans la série des machines désignées sous le nom de *toupies* dont nous allons dire un mot.

106. Toupies. — Ces appareils comprennen (*fig.* 80) un arbre vertical animé d'un rapide mouvement de rotation, et dont l'extrémité destinée à recevoir l'outil, dépasse d'une quantité convenable une table sur laquelle on déplace la pièce à façonner. En modifiant le profil de l'outil, on peut obtenir, avec cet appareil, toutes les formes de moulures que

Fig. 80

l'on désire. Une précaution à prendre est de ne pas attaquer le bois à contrefil, aussi, doit-on, si l'on ne veut pas changer le sens de rotation, avoir sur la même table deux toupies tournant en sens inverse.

107. Machine à faire les tenons. — Un tenon (*fig.* 81) peut être façonné en 4 traits de scies; deux pour faire les faces opposées et parallèles AA, deux autres pour les faces BB dans le prolongement l'une de l'autre. En s'appuyant sur ce principe, M. Arbey a construit une machine (*fig.* 82) dans laquelle on remarque 2 scies circulaires parallèles AB, montées sur le même arbre, destinées à scier les faces parallèles, et deux autres scies circulaires CD, placées dans le même plan l'une en dessous de l'autre, et destinée à débiter les deux autres faces. La distance de ces différentes scies est variable suivant les dimen-

Fig. 81

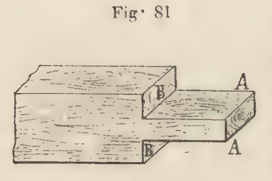
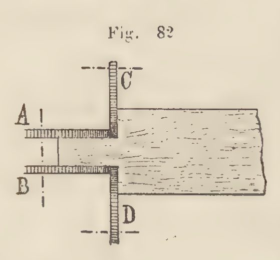
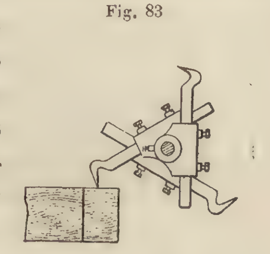


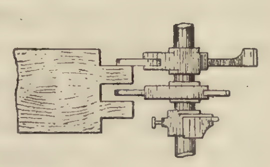
Fig. 82



sions du tenon à obtenir. Les surfaces découpées à la scie sont assez rugueuses et prennent bien la colle forte.

Fig. 83





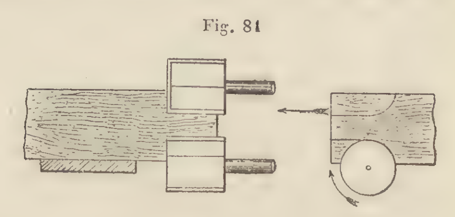
Quand on veut des assemblages dont les faces soient plus nettes, on emploie des outils qui travaillent à la façon des raboteuses. Il y en a de deux sortes : Dans les premières, l'axe de rotation de l'outil est perpendiculaire aux faces parallèles du tenon ; la pièce portée par un chariot se déplace devant l'outil. La *fig.* 83 représente un porte-outil de ce genre construit spécialement par M. Arbey, pour le débit des tenons dans les menus travaux de menuiserie. On voit que la forme et la longueur de ces outils les rendent assez fragiles.

Dans les secondes, l'axe de rotation des outils est parallèle aux deux faces parallèles du tenon. La *fig.* 84 représente une disposition de ce genre.

Dans ce cas, les faces du tenon qui ne sont pas rabotées directement sont assez peu lisses,

mais on peut les rendre plus nettes en disposant, comme l'a fait Ransome, deux scies circulaires qui les découpent avant le passage des rabo-

Fig. 81



teuses. On combine ainsi les deux systèmes : emploi des scies et des raboteuses simultanément.

108. Machines à façonner. — Ces machines sont destinées à tailler exactement, suivant un gabarit donné, la surface d'une pièce préalablement dégrossie et ébauchée. Elles sont disposées pour travailler plusieurs pièces à la fois. Le principe de leur disposition est le suivant.

Imaginons une série d'outils tournants, montés sur des arbres parallèles pouvant recevoir le même mouvement de montée ou de descente, en même temps qu'un mouvement de rotation rapide. Au-dessous de chacun de ces outils, imaginons qu'on place une des pièces à travailler. On voit de suite que tous les outils découperont dans chaque pièce des surfaces identiques

quand on les fera mouvoir. Si donc les différentes pièces sont fixées sur des arbres auxquels on puisse communiquer exactement le même déplacement, et si tous ces arbres sont disposés sur la même table mobile, chaque outil pourra venir au contact d'un point quelconque d'une des pièces à travailler. Il suffira donc, pour travailler ces pièces suivant le gabarit donné, d'installer ce gabarit à leur suite et sur un arbre identique, et de disposer au-dessus de lui, non plus un outil, mais un galet de même diamètre qui viendra le toucher, et qui, ainsi, réglera exactement la distance à laquelle les outils devront être placés des pièces, pour découper une surface absolument semblable à celle du gabarit donné.

109. Tours à bois. — Un tour à bois est une machine dans laquelle une pièce de bois, animée d'un mouvement de rotation rapide autour d'un certain axe, vient présenter les divers points de sa surface à l'action d'un outil que l'on tient à la main. On voit que la différence essentielle qui existe entre le tour et une machine absolument mécanique, tient à ce fait que l'outil est dirigé par la main de l'ouvrier. On trouve cependant des tours, pour les pièces de formes spéciales, dans lesquels l'outil se dé-

place mécaniquement sous l'action de la machine.

Les principales sortes de tours sont : *les tours à pointes* et *les tours en l'air.*

Dans les tours à pointes, la pièce est pincée, entre ses deux extrémités, par deux bouts d'arbres terminés par des pointes, et dont l'un fixe reçoit un mouvement de rotation qu'il communique à la pièce. L'autre arbre est mobile, et peut être plus ou moins rapproché du premier, selon la grandeur des pièces à travailler.

Dans les tours en l'air, la pièce est fixée, au moyen d'un mandrin, sur un plateau animé d'un mouvement de rotation ; elle est donc accessible de tous côtés, sauf du côté du point d'attache.

Les outils du tourneur sont de trois types principaux : la gouge, le grain d'orge et le ciseau.

Fig. 85

Nous avons déjà indiqué la forme de la gouge et du ciseau. La gouge sert à dégrossir le bois, le ciseau à polir de larges surfaces. Quant au grain d'orge (*fig.* 85), il sert à faire les parties convexes, à couper, à polir les surfaces de peu d'étendue. Ces trois outils peuvent affecter des formes assez différentes de celles que nous avons indiquées. On

peut citer aussi les *crochets* et les *peignes* employés spécialement pour la fabrication des vis à bois (*fig.* 86).

Fig86

110. Machines à percer. — Les machines à percer ne présentent pas, en général, de dispositions bien spéciales. Elles se composent d'une mèche à laquelle on communique un mouvement rapide de rotation, tandis qu'on donne à la pièce de bois un mouvement d'avance, soit au moyen d'un chariot quand la mèche est horizontale, soit par une table mobile qu'on abaisse ou qu'on élève quand l'outil est à axe vertical. Dans ce cas, il est préférable de déplacer l'outil suivant son axe. Les machines à percer le bois affectent quelquefois la forme des machines radiales, dont la description rentre plus spécialement dans l'étude des machines à travailler les métaux.

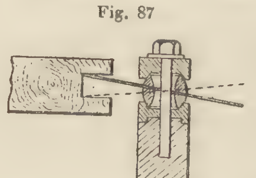
111. Machines à mortaiser.— Une mortaise est un trou percé pour recevoir un tenon et dont la surface intérieure n'est pas de révolution. On pratique les mortaises au moyen d'un bédane ou d'un ciseau. Pour diminuer le travail, on

peut percer à l'avance, avec une mèche, un certain nombre de trous dans la partie à mortaiser.

On peut creuser une mortaise mécaniquement de deux façons différentes. Ou bien, on emploie une mèche animée d'un mouvement de rotation, et dont les côtés sont tranchants sur toute la hauteur de la mortaise; en déplaçant la pièce perpendiculairement à la direction de la mèche, on creuse la mortaise sur toute sa longueur ; les extrémités en sont alors arrondies et si on les veut rectangulaires, on achève le travail au ciseau ; ou bien, on emploie un bédane animé d'un mouvement rapide de va-et-vient, pendant que la pièce de bois se meut devant l'outil dans trois directions rectangulaires.

On peut encore creuser une mortaise au moyen d'une scie circulaire inclinée sur son axe (*fig.* 87). Ce procédé est commode quand la mortaise règne sur toute l'étendue de la pièce de bois.

Fig. 87



Parmi les mortaiseuses employées, nous citerons celle de M. Arbey dont l'outil a la forme d'une mèche à cuiller. On fait plusieurs passes successives, jusqu'à ce qu'on ait atteint la profondeur convenable.

La mortaiseuse de Ransome agit au moyen d'un bédane qui peut donner environ 600 coups à la minute. On perce d'abord un trou au moyen d'une mèche à l'endroit où l'on veut commencer la mortaise. Le bédane ayant pratiqué un des côtés de cette mortaise peut se retourner au moyen d'un mécanisme spécial pour équarrir l'autre extrémité. La mortaiseuse Périn emploie également comme outil un bédane, mais elle est disposée de façon à pouvoir travailler de grosses pièces.

L'inconvénient principal que présentent les machines à mortaiser à mèches tournantes, tient aux vibrations de l'outil quand la mèche travaille sur une profondeur assez grande. Néanmoins, ces machines sont très employées en raison de la simplicité de leur mécanisme.

112. Menuisier universel. — On désigne sous ce nom, des machines sur lesquelles on a réuni à peu près tous les outils à travailler le bois mécaniquement : scie circulaire, fers à bouveter, à faire les moulures, mèches à percer, à mortaiser, etc. — Ces machines, souvent très ingénieuses, ne peuvent rendre de services que dans les petits ateliers.

BIBLIOGRAPHIE

—

Traité des bois servant à tous usages contenant les ordonnances du Roy (Paris, Claude Caron, rue de Jouy, 1678).

Roubo le fils. — *L'art du carrossier*, 1774.

— " *du menuisier* "

— " *de l'ébéniste* "

Des bois propres aux constructions navales (Paris, an XI, chez Goujon fils, rue Taranne, n° 737. — à Brest, chez Egasse).

Amboise Bowden. — *De la pourriture sèche* (dry rot) *qui détruit les bois* (Paris, Eyron, 1819).

Charles Dupin, capitaine au corps du génie maritime, ancien élève de l'Ecole Polytechnique. — *Expériences sur la flexibilité, la force et l'élasticité des bois avec des applications aux constructions en général, et spécialement à la construction des vaisseaux*, faites dans l'arsenal de la marine à Corcyre en 1811 (1815, Paris).

Instruction sur le choix, le martelage et l'exploitation des bois de marine avec planches figuratives des pièces de construction (Paris, imprimerie de la République. — Thermidor, an XI).

JOHN KNOWLES. — *Recherches sur les moyens employés dans la marine anglaise pour la conservation des vaisseaux* (Paris, imprimerie Royale, 1825).

DUHAMEL DU MONCEAU. — *Du transport, de la conservation et de la force des bois* (Paris, Lewi, 1835).

L.-H. PENEVERT. — *Instruction sur l'exploitation des bois de chêne* (Rochefort, Goulard, 1828).

Tarif officiel du 8 juin 1859 pour la recette des bois (Imprimerie Nationale).

DE LAPPARENT. — *Du dépérissement des coques des navires en bois et autres charpentes des bois d'industrie* (Arthus Bertrand, Paris, 1862).

T.-A. BRITTON. — *A treatise on dry rot in Timber* (London, Spon, 1875).

L. GARRAUD. — *Etude sur les bois de construction* (Paris, Arthus Bertrand).

Instruction sur les bois de la marine et leur application aux constructions navales (Paris, Arthus Bertrand).

Comte des Cars. — *L'élagage des arbres* (Paris, 1870, Rothschild).

Dupont et Bouquet de la Grye. — *Les bois indigènes et étrangers. Physiologie. Culture. Production*, etc. (Rothschild, Paris).

Dr Schacht. — *Les arbres. Etude sur leur structure et leur végétation*, traduction par E. Morren (Rothschild, Paris).

Dr Nordlinger. — *Die Technischen Eigenschaften der Hölzer* (Cottas'cher, Stuttgard).

Paulet, chimiste. — *Traité de la conservation des bois et des substances alimentaires* (Baudry, Paris).

De Lapparent. — *Mémoire sur les bois comprimés* (Feuardent, Cherbourg).

Forestier. — *Mémoire sur la conservation des bois à la mer au point de vue de leur préservation contre les attaques du taret* (Dunod, Paris).

De Lapparent. — *Conservation des bois par la carbonisation de leurs faces* (Bertrand, Paris).

A. Guettier, ingénieur civil. — *Le menuisier modeleur mécanicien* (Bernard et Cie, Paris).

C.-P.-B. Shelley. — *Workshop appliances* (Longmans, Green and Co, London).

Uhland. — *Notes et formules de l'Ingénieur et du constructeur-mécanicien* (Bernard, Paris).

P. Boileau. — *Instruction pratique sur les scieries* (Lacroix, Paris).

Madamet, Directeur de l'Ecole d'application du Génie maritime. — *Exposition de Vienne,* 1873. *Rapport sur les machines-outils à bois* (*Mémorial du Génie Maritime,* 1874; 2e et 4e livraisons).

Armengaud. — *Publication industrielle.*

Oppermann. — *Portefeuille économique des machines.*

Arbey. — *Album des scieries et machines-outils.*

Périn-Panhard et Cie. — *Album des machines-outils.*

Ransome. — *Album des machines-outils.*

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

RECETTE DES BOIS

CHAPITRE II

CONSERVATION ET EMMAGASINAGE DES BOIS

CHAPITRE III

TRAVAIL DES OUTILS A BOIS

CHAPITRE IV

MACHINES-OUTILS A TRAVAILLER LE BOIS

ST-AMAND (CHER). IMPRIMERIE DESTENAY, BUSSIÈRE FRÈRES

BULLETIN DES ANNONCES

DICTIONNAIRE

DES ARTS & MANUFACTURES

ET DE L'AGRICULTURE

FORMANT UN TRAITÉ COMPLET DE TECHNOLOGIE

Par **Ch. LABOULAYE**

Avec la collaboration de Savants, d'Industriels et de Publicistes

---

SEPTIÈME ÉDITION, PUBLIÉE EN 5 VOLUMES

REVUE ET COMPLÉTÉE A LA SUITE DE L'EXPOSITION DE 1889

Imprimée sur deux colonnes avec plus de 5,000 figures dans le texte. Prix des 5 volumes : brochés. **120** fr.
reliés. **145** fr.

Le *Dictionnaire des Arts et Manufactures* est devenu, par son grand et légitime succès, un ouvrage classique parmi les ingénieurs et tous ceux qui s'intéressent aux progrès de l'industrie.

C'est un ouvrage de recherches et d'études que l'on consulte, non seulement pour y trouver des renseignements sur sa propre industrie, mais souvent aussi sur les procédés des industries connexes, et sur les questions générales qui intéressent toute entreprise industrielle. L'Exposition de 1889 a fourni une abondante récolte d'indications précieuses, mises à profit par les collaborateurs de M. Ch. Laboulaye qui continuent son œuvre. Parmi les sujets remaniés ou traités à nouveau dans leur entier, nous citerons : l'électricité (installation d'éclairage, projets de machine, transport de la force, etc.), le verre, le sucre, les constructions métalliques, l'éclairage, la métallurgie, les canaux, le matériel des chemins de fer, les instruments d'agriculture, la statistique graphique, la statistique industrielle et agricole, les institutions de prévoyance (caisses de retraites, assurances, sociétés coopératives, réglementation du travail, syndicats professionnels, etc.). La nouvelle édition du *Dictionnaire des Arts et Manufactures* est tenue au courant des progrès, et nous avons lu avec grand intérêt, parmi les articles nouveaux, ceux qui se rapportent à la statistique et aux institutions de prévoyance. Cette nouvelle édition aura le succès de ses devancières.

(Extrait de *La Nature*.)

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

TRAITÉ DE MÉDECINE

Publié sous la direction de MM. Charcot et Bouchard, membres de l'Institut et professeurs à la Faculté de médecine de Paris et Brissaud, professeur agrégé, par MM. Babinski, Ballet, Brault, Chantemesse, Charrin, Chauffard, Courtois-Suffit, Gilbert, Guinon, Le Gendre, Marfan, Marie, Mathieu, Netter, Œttinger, André Petit, Richardière, Roger, Ruault, Thibierge, L.-H. Thoinot, Fernand Vidal. 6 vol. in-8, avec figures (3 volumes publiés au 1er mai 1892) *En souscription* . . . . 112 fr.

TRAITÉ DE CHIRURGIE

Publié sous la direction de MM. Simon Duplay, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, et Paul Reclus, professeur agrégé, par MM. Berger, Broca, Delbet, Delens, Gérard-Marchant, Forgue, Hartmann, Heydenreich, Jalaguier, Kirmisson, Lagrange, Lejars, Michaux, Nélaton, Peyrot, Poncet, Potherat, Quenu, Ricard, Segond, Tuffier, Walther. 8 forts volumes in-8 avec nombreuses figures (7 volumes publiés au 1er mai 1892). *En souscription* . . . . 140 fr.

TRAITÉ DE GYNÉCOLOGIE CLINIQUE ET OPÉRATOIRE

Par S. Pozzi, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien de l'hôpital Lourcine-Pascal. 2e édition. 1 vol. in-8, relié toile avec 500 figures dans le texte 30 fr.

LEÇONS SUR LA PATHOLOGIE COMPARÉE DE L'INFLAMMATION

Faites à l'Institut Pasteur en avril et mai 1891, par Elie Metchnikoff, chef de service à l'Institut Pasteur. 1 vol. in-8 avec 65 figures dans le texte, en noir et en couleur et 8 planches en couleur . . . . 9 fr.

LE DIABÈTE PANCRÉATIQUE

Expérimentation, Clinique, Anatomie pathologique, par le Dr J. Thiroloix, interne, médaille d'or des hôpitaux, membre de la Société anatomique. 1 vol. in-8, avec planches et graphiques hors texte . . . . 8 fr.

LEÇONS DE CHIMIE

(*à l'usage des Élèves de Mathématiques spéciales*)

PAR

Henri GAUTIER

Ancien élève de l'École Polytechnique, professeur de l'École Monge et au collège Sainte-Barbe, professeur agrégé à l'École de Pharmacie ;

ET

Georges CHARPY

Ancien Élève de l'École Polytechnique, professeur à l'École Monge.

Un beau volume grand in-8, avec 83 figures ; 1892. . . 9 fr.

Ces *Leçons de Chimie* présentent ceci de particulier qu'elles ne sont pas la reproduction des Ouvrages similaires parus dans ces dernières années. Les théories générales de la Chimie sont beaucoup plus développées que dans la plupart des Livres employés dans l'enseignement ; elles sont mises au courant des idées actuelles, notamment en ce qui concerne la théorie des équilibres chimiques. Toutes ces théories, qui montrent la continuité qui existe entre les phénomènes chimiques, physiques et même mécaniques, sont exposées sous une forme facilement accessible. La question des nombres proportionnels, qui est trop souvent négligée dans les Ouvrages destinés aux candidats aux Écoles du Gouvernement, est traitée avec tous les développements désirables. Dans tout le cours du Volume, on remarque aussi une grande préoccupation de l'exactitude, les faits cités sont tirés des mémoires originaux ou ont été soumis à une nouvelle vérification. Les procédés de l'industrie chimique sont décrits sous la forme qu'ils possèdent actuellement. L'ouvrage ne comprend que l'étude des métalloïdes, c'est-à-dire les matières exigées pour l'admission aux Écoles Polytechnique et Centrale.

En résumé, le Livre de MM. Gautier et Charpy est destiné, croyons-nous, à devenir rapidement classique.

TOME IV (1re Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. . 13 fr.

1er fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 fig. et 1 planche . . . . 7 fr.
2e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 fig. et 1 planche . . . . 6 fr.

TOME IV. — (2e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS . . . . 13 fr.

3e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Electromagnétisme. Induction*; avec 240 figures. . . . . 8 fr.
4e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 fig. et 1 pl. . . . . 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs, des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891 . . . . 60 c.

Tous les trois ans, un supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendra compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

Pour ne pas trop grossir un ouvrage déjà bien volumineux, il a fallu dans cette nouvelle édition en soumettre tous les détails à une revision sévère, supprimer ce qui avait quelque peu vieilli, sacrifier la description d'appareils ou d'expériences qui, tout en ayant fait époque, ont été rendus inutiles par des travaux plus parfaits; en un mot, poursuivre dans ses dernières conséquences la transformation entreprise non sans quelque timidité dans l'édition précédente. Au reste, pour tenir un livre au courant d'une Science dont le développement est d'une rapidité si surprenante, et dans laquelle un seul résultat nouveau peut modifier jusqu'aux idées même qui servent de base à l'enseignement, il ne suffit pas d'ajouter des faits à d'autres faits : c'est l'ordre, l'enchaînement, la contexture même de l'ouvrage qu'il faut renouveler. On se ferait donc une idée inexacte de cette quatrième édition du *Cours de Physique de l'École Polytechnique* en se bornant à constater que ces quatre Volumes se sont accrus de près de 500 pages et de 150 figures, soit de un septième environ : les modifications touchent, pour ainsi dire, à chaque page et c'est en réalité au moins le tiers du texte qui a été écrit à nouveau d'une manière complète.

Duhem, Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Lille. LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ ET LE MAGNÉTISME, 3 volumes grand in-8, avec 215 figures : Tome I, 1891 ; 16 fr. — Tome II, 1892 ; 14 fr. — Tome III, 1892 ; 15 fr.

IV. — COLLECTION
DE
TRADUCTIONS D'OUVRAGES SCIENTIFIQUES

Voir, pour les détails, le Catalogue général.

ABEL (Niels-Henrik). — **Tableau de sa vie et de son action scientifique**, par BJERKNES. Grand in-8, avec un portrait d'Abel (suédois) . . . . 7 fr.

BLATER (Joseph). — **Table des quarts de carrés de tous les nombres entiers de 1 à 200,000.** Grand in-4; 1888 (allemand).
Broché. 15 fr. — Cartonné avec signets de parchemin, 20 fr.

CLAUSIUS (R.). — **Théorie mécanique de la chaleur.** In-8. TOME Ier (allemand) . . . . 10 fr.

— **De la fonction potentielle et du potentiel.** In-8 (allemand) . . . . 4 fr.

CLEBSCH (C.). — **Leçons sur la Géométrie.** 3 vol. grand in-8, avec figures (allemand) . . . . 42 fr.
TOME I, 12 fr. — TOME II, 14 fr. — TOME III, 16 fr.

CREMONA. — **Les figures réciproques en Statique graphique.** Gr. in-8 et atlas de 34 pl. (italien) . . . . 5 fr. 50

CULLEY. – **Manuel de Télégraphie pratique.** Grand in-8, avec 252 figures et 7 planches (anglais).
Broché, 18 fr. — Cartonné, 20 fr.

EDER. — **La Photographie instantanée.** Grand in-8, avec 197 figures et 1 planche (allemand). . . . . 6 fr. 50

ELSDEN. — **Traité de Météorologie à l'usage du photographe.** Grand in-8, avec figures (anglais) . . . . 3 fr. 50

FAVARO. — **Leçons de Statique graphique.** 2 vol. grand in-8, avec 289 figures et 2 planches (italien) . . . . 19 fr.
Tome 1, 7 fr. — Tome II, 12 fr.

GRAY (John). — **Les machines électriques à influence.** In-8, avec 124 figures; 1892 (anglais) . . . . 5 fr.

JENKIN. — **Électricité et Magnétisme.** In-8, avec 270 figures (anglais) . . . . 12 fr.

JUPTNER DE JONSTORFF. — **Traité pratique de Chimie métallurgique.** — Grand in-8, avec 79 figures et 2 planches (allemand) . . . . 10 fr.

KEMPE. **Traité pratique des mesures électriques.** In-8, avec 145 figures (anglais) . . . . 12 fr.

LODGE. — **Les théories modernes de l'Électricité.** In-8, avec 53 figures (anglais) . . . . 5 fr.

MAXWELL. — **Traité de l'Electricité et du Magnétisme.** 2 vol. gr. in-8, avec 122 fig. et 20 pl. (anglais) . . . . 30 fr.
TOME I, 15 fr. — TOME II, 15 fr.

— **Traité élémentaire d'Électricité.** In-8, avec figures (anglais). . . . . 7 fr.

MAXWELL. — Traité de l'Électricité et du Magnétisme, 2 vol. gr. in-8, avec 122 fig. et 20 pl. (anglais) . . . . 30 fr.
Tome I, 15 fr. — Tome II, 15 fr.

— **Traité élémentaire d'Électricité.** In-8, avec figures (anglais). 7 fr.

KEMPE. — Traité pratique des mesures électriques. In-8, avec 145 figures (anglais) . . . . 12 fr.

LODGE. — Les théories modernes de l'Électricité. In-8, avec 53 figures (anglais) . . . . 5 fr.

OPPOLZER (I d'). — Traité de la détermination des orbites des Comètes et des planètes. Grand in-8 (allemand) . . . . 30 fr.

PIZZIGHELLI et HUBL. — La Platinotypie. In-8, avec planche spécimen (allemand).
Broché, 3 fr. 50. — Cartonné 4 fr. 50.

PROCTOR (Richard). — Nouvel Atlas céleste. In-8, avec 12 cartes célestes et 2 planches (anglais).
Broché, 6 fr. — Cartonné, 7 fr.

ROBINSON. — La Photographie en plein air, comment on devient un artiste. 2 vol. grand in-8, avec 34 figures et 4 planches (anglais) . . . . 5 fr.

— **L'Atelier du Photographe.** *La meilleure forme de l'atelier. Fonds et accessoires. Pose et arrangement des modèles.* Grand in-8, avec figures (anglais) . . . . 8 fr. 50

SALMON.— Traité de Géométrie analytique à deux dimensions. In-8 (anglais) . . . . 12 fr.

— **Traité de Géométrie analytique (Courbes planes)**, avec Appendice, par G. Halphen. In-8 (anglais) . . . . 12 fr.

— **Traité de Géométrie analytique à trois dimensions.** 3 vol. in-8 (anglais).
Tome I, 7 fr. — Tome II, 6 fr. — Tome III, 4 fr. 50.

— **Leçons d'Algèbre supérieure.** In-8 (anglais) . . . . . . 10 fr.

SCOTT. — Cartes du temps et avertissements de tempêtes. In-8, avec figures et 2 planches en couleurs (anglais) . . 4 fr. 50

SERPIERI. — Traité élémentaire des mesures absolues, mécaniques, électrostatiques et électromagnétiques, avec application à de nombreux problèmes. In-8 (italien) . . . . 3 fr. 50

TAIT. — Traité élémentaire des Quaternions. 2 vol. grand in-8, avec figures (anglais). Chaque vol. séparément . . . . 7 fr. 50

— **Conférences sur quelques-uns des progrès récents de la Physique.** Grand in-8 avec figures (anglais) . . . . 7 fr. 50

TYNDALL (John). — La Chaleur, *Mode de mouvement.* Avec 110 figures (anglais) . . . . 8 fr.

UNWIN. — Éléments de construction de machines, contenant une *Collection de formules pour la construction des machines.* Avec 237 figures.
Broché, 7 fr. — Cartonné, 8 fr.

VOGEL — La Photographie des objets colorés avec leurs valeurs réelles. In-8, avec 2 planches (allemand).
Broché, 6 fr. — Cartonné, 7 fr.

Fabre (C), Docteur ès Sciences. — *Traité encyclopédique de Photographie.* 4 beaux volumes gr. in-8, avec plus de 700 figures et 2 planche ; 1889-1891 . . . . 48 fr. »»
Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Tous les trois ans, un Supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendra compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

Le premier Fascicule du premier SUPPLÉMENT paraîtra en juillet 1892. Ce supplément sera publié comme les précédents volumes en 5 fascicules.
Prix du supplément pour les souscripteurs . . . . . 10 fr.
Le prix sera porté ultérieurement à . . . . 14 fr.

Fourtier (H). — *Dictionnaire pratique de Chimie photographique,* contenant une *Etude méthodique des divers corps usités en Photographie,* précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une Description détaillée des *Manipulations photographiques.* Grand in-8, avec nombreuses figures; 1892 . . . . 8 fr. »»

Fourtier (H). — *Les Positifs sur verre. Théorie et pratique. Les positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux. Méthodes opératoires. Coloriage et montage.* Grand in-8, avec figures; 1892. . 4 fr. 50

La Baume Pluvinel (A de). — *Le développement de l'image latente* (Photographie au gélatinobromure d'argent. In-18 jésus; 1889. . . . . 2 fr. 50

— *Le Temps de pose* (Photographie au gélatinobromure d'argent). In-18 jésus, avec figures ; 1890 . . . . 2 fr. 75

— *La formation des images photographiques.* In-18 jésus, avec figures; 1891 . . . . 2 fr. 75

Londe (A), Chef du service photographique à la Salpêtrière. — *La Photographie instantanée.* 2e édition. In-18 jésus, avec belles figures; 1890 . . . . 2 fr. 75

— *Traité pratique du développement.* Étude raisonnée des divers révélateurs et de leur mode d'emploi. 2e édition. In-18 jésus, avec figures et 4 doubles planches en photocollographie; 1892 . 2 fr. 75

Trutat (E). Docteur ès sciences, Conservateur du Musée d'Histoire naturelle de Toulouse. — *Traité pratique des agrandissements photographiques.* 2 vol. in-18 jésus, avec 105 figures ; 1891.
Ire PARTIE : Obtention des petits clichés ; avec 52 figures . . . 2 r. 75
IIe PARTIE : Agrandissements ; avec 53 figures . . . . 2 fr. 75

— *Impressions photographiques aux encres grasses. Traité pratique de photocollographie à l'usage des amateurs.* In-18 jésus, avec nombreuses figures et 1 planche en photocollographie ; 1892 . . 2 fr. 75

Vidal (Léon), officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École nationale des arts décoratifs. — *Manuel pratique d'Orthochromatisme.* In-18 jésus avec figures, 2 planches dont une en photocollographie et un spectre en couleur; 1891 . . . . 2 fr. 75

Vieuille. — *Nouveau guide pratique du photographe amateur,* 3e édition, refondue et beaucoup augmentée, in-18 jésus avec figures, 1892. . . . . 2 fr. 75

Saint-Amand (Cher). — Imprimerie Destenay, BUSSIÈRE Frères.


GETTY CENTER LIBRARY
3 3125 00060 4526

